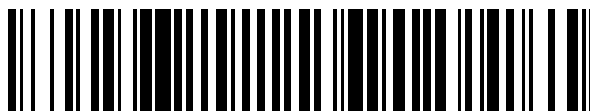


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 401 581**

51 Int. Cl.:

F03B 13/18 (2006.01)

F03B 11/06 (2006.01)

F16C 27/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.10.2004 E 04762923 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.02.2013 EP 1682776**

54 Título: **Aparato de energía undimotriz que comprende una pluralidad de brazos dispuestos para pivotar con un desfase mutuo**

30 Prioridad:

14.10.2003 WO PCT/DK03/00693

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

22.04.2013

73 Titular/es:

**WAVE STAR A/S (100.0%)
Park Allé 350A
2605 Brøndby, DK**

72 Inventor/es:

**RESEN STEENSTRUP, PER;
ARPE HANSEN, NIELS y
HANSEN, KELD**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 401 581 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aparato de energía undimotriz que comprende una pluralidad de brazos dispuestos para pivotar con un desfase mutuo

Campo técnico

- 5 La presente invención versa acerca de un aparato de energía undimotriz para convertir energía de las olas del mar o del océano en energía útil, tal como electricidad. El aparato según la invención tiene como objetivo específicamente proporcionar un sistema en el que se pueda conseguir una salida de potencia uniforme.

Antecedentes de la invención

- 10 Es bien conocido que las olas del mar parecen constituir un recurso casi ilimitado de energía que, si es aprovechado de forma eficaz, puede quizá solucionar una proporción significativa de los problemas energéticos del mundo. Sin embargo, a pesar de muchos intentos por aprovechar la energía de las olas del mar, no se ha ideado hasta la fecha ningún sistema de éxito comercial para convertir la energía de las olas del mar en energía eléctrica.

- 15 En general, se han propuesto tres tipos distintos de aparatos de energía undimotriz en la técnica anterior. En el documento US 6.476.511 se da a conocer un aparato de ese tipo, comprendiendo el aparato una pluralidad de miembros flotantes de cuerpo cilíndrico conectados entre sí en sus extremos para formar una estructura similar a una cadena articulada. Cada par de miembros cilíndricos adyacentes está conectado entre sí por medio de un miembro de acoplamiento, que permite un movimiento giratorio relativo de los miembros cilíndricos en torno a un eje transversal. Los miembros de acoplamiento adyacentes pueden permitir una rotación relativa en torno a ejes transversales mutuamente ortogonales. Cada miembro de acoplamiento está dotado de elementos, tal como un conjunto de arietes hidráulicos, que resisten y extraen energía del movimiento giratorio relativo de los miembros del cuerpo. El aparato flota libremente en la superficie del mar y está anclado al fondo del mar.

- 20 Un segundo tipo de aparato de energía undimotriz comprende uno o más flotadores de superficie que tienen capacidad para moverse a lo largo de la superficie del mar bajo la acción de las olas, y un miembro de referencia, que está completamente sumergido en el mar a cierta profundidad, y que sustancialmente no es afectado por las olas; véase por ejemplo, el documento US 4.453.894. El movimiento del flotador en la superficie del mar provoca el desplazamiento de un fluido hidráulico en un sistema hidráulico que comprende dispositivos hidráulicos que interconectan el o los flotadores de superficie y el miembro de referencia, por lo que se puede extraer energía útil del sistema hidráulico. Se apreciará que este aparato también está anclado al fondo del mar.

- 30 Finalmente, un tercer tipo de aparato de energía undimotriz es uno que tiene uno o más brazos soportados por una estructura de soporte que porta uno o más flotadores que se mueven por medio de las olas. La energía motriz de las olas es transmitida a los brazos y puede ser trasladada a un sistema hidráulico, como en el sistema del documento US 4.013.382, o a un sistema mecánico de ejes que, por medio de un sistema mecánico de transmisión, acciona uno o más generadores eléctricos para la producción de electricidad, como en el sistema del documento WO 01/92644. Se da a conocer otro sistema de este tipo según la técnica anterior en el documento US 5.986.349. Aquí, el sistema de aprovechamiento de la energía undimotriz comprende un flotador dividido en múltiples segmentos en el que cada segmento está libre para moverse de forma independiente de los otros segmentos. El movimiento de cada segmento provocará que aumente el fluido hidráulico en un cilindro hidráulico, de forma que se pueda extraer la energía de ese cilindro.

- 40 La presente invención versa, en general, acerca del tercer tipo de aparatos de energía undimotriz mencionados anteriormente. Un objeto de las realizaciones preferentes de la invención es proporcionar un aparato, que permite una salida de potencia uniforme de los medios de conversión de energía del aparato, es decir una salida de potencia que es sustancialmente constante en el tiempo. Un objeto adicional de las realizaciones preferentes es proporcionar un sistema que reduce o elimina la necesidad de convertidores de frecuencia. Un objeto adicional de las realizaciones preferentes es proporcionar un aparato de energía undimotriz que pueda dejarse inoperativo, de forma conveniente, por ejemplo, para evitar la formación de hielo en diversas partes del aparato durante su operación. Otro objeto adicional de las realizaciones preferentes de la invención es proporcionar un aparato, que permite un acceso conveniente para mantenimiento de los brazos y flotadores, más preferentemente para permitir el acceso para mantenimiento de brazos y flotadores individuales en sistemas que comprenden una pluralidad de brazos, cada uno dotado de un flotador. Otro objeto adicional de las realizaciones preferentes es proporcionar un aparato que pueda ser transportado de forma conveniente desde un centro de producción en la costa al lugar de explotación en mar abierto.

Resumen de la invención

- 55 La presente invención proporciona un aparato de energía undimotriz que comprende una pluralidad de brazos, cada uno de los cuales está soportado de forma giratoria en un extremo por medio de un eje, y en el que cada brazo porta un flotador en su otro extremo, que es opuesto al extremo soportado, de forma que un movimiento de traslación del flotador provocado por una ola tiene como resultado la rotación del brazo en torno al eje, comprendiendo el aparato

medios de conversión de energía para convertir la energía transmitida por la ola a los brazos, en energía eléctrica, estando dispuesta la pluralidad de brazos en una fila, de forma que una ola que pasa la fila de brazos provoca que los brazos pivoten de forma sucesiva en torno al eje, estando dispuestos los brazos a distancias mutuas, de forma que el paso de la ola provoca que los brazos pivoten con un desfase mutuo. Además, los medios de conversión de energía comprenden un sistema de accionamiento hidráulico con un motor accionado hidráulicamente. Además, cada brazo está conectado al sistema de accionamiento hidráulico por medio de al menos un cilindro hidráulico que hace que un medio hidráulico del sistema de accionamiento hidráulico sea desplazado hasta el interior del motor, estando dispuestos los cilindros para desplazar el medio hidráulico hasta el motor por medio de conductos hidráulicos comunes. Además, cada cilindro también está dotado de un sensor para determinar una posición y/o una velocidad de movimiento del pistón del cilindro, estando dispuesto el sensor para transmitir una señal a una unidad de control de los cilindros y de las válvulas asociadas, de forma que la transmisión de energía desde cada cilindro individual a las partes restantes del sistema de accionamiento hidráulico es controlable de forma individual en respuesta a la señal que representa la posición y/o la velocidad de movimiento del pistón del cilindro individual.

Los brazos están dispuestos, preferentemente, a distancias mutuas, de forma que, en todo momento, al menos dos de los brazos suministren simultáneamente un aporte de energía a los medios de conversión de energía. Los medios de conversión de energía comprenden, preferentemente, un actuador hidráulico asociado con cada brazo, suministrando los accionadores hidráulicos un medio hidráulico al interior de al menos un motor hidráulico por medio de conductos hidráulicos compartidos. En consecuencia, se puede conseguir una salida de potencia uniforme de los medios de conversión de energía. Este es en particular el caso en realizaciones del aparato que comprenden un gran número de brazos, flotadores y actuadores, por ejemplo 60, dado que la suma de los aportes de energía de los actuadores individuales es esencialmente constante en el tiempo. Las posibles fluctuaciones de presión en el lado de presión del motor hidráulico pueden ser esencialmente eliminadas por medio de un dispositivo de eliminación de picos que es conocido *per se*, estando dispuesto el dispositivo de supresión de picos en comunicación de fluido con los conductos hidráulicos compartidos. Preferentemente, la suma de todos los aportes de energía es esencialmente constante en un cierto oleaje, es decir, altura de las olas y frecuencia de las olas. Preferentemente, el motor hidráulico es un motor hidráulico con un volumen variable de desplazamiento por revolución. Se pueden compensar los cambios en el oleaje por medio de un circuito de control que controla el volumen de desplazamiento por revolución del motor para mantener las rpm del motor esencialmente constantes. Para generar una corriente alterna a una frecuencia dada sin utilizar un convertidor de frecuencia, las rpm del motor deberían ser controlables dentro de +/- 0,1-0,2%. En el caso de que se aplique un distinto tipo de motor hidráulico o en el caso de que no se controlen exactamente las rpm, se puede emplear un controlador de frecuencia para un ajuste preciso de la frecuencia de la corriente CA generada.

En realizaciones preferentes, el aparato de la presente invención comprende al menos 5 brazos, tal como al menos 20 brazos, preferentemente al menos 40 brazos, preferentemente 50-80 brazos, tal como 55-65 brazos, por ejemplo 60 brazos. Preferentemente, los brazos del aparato están distribuidos, de forma que se proporcionan al menos cinco brazos, preferentemente al menos 10 brazos, por longitud de onda de las olas del océano. En mar abierto, la longitud de onda de las olas del océano es normalmente de 50-300 m, tal como 50-200 m. En aguas protegidas, la longitud de onda de las olas es normalmente 5-50 m.

En realizaciones preferentes, el aparato abarca al menos dos longitudes de onda. Esto permite la posibilidad de disponer una fila de brazos y flotadores con un ángulo relativamente grande con respecto al rumbo de la ola, por ejemplo a +/-60°, dado que la longitud de onda proyectada sobre la orientación de la fila de flotadores abarca al menos longitudes de onda de $2 \times \cos(60^\circ)$, es decir, al menos una longitud de onda, por lo que se garantiza que se suministra en todo momento un aporte de energía.

Preferentemente, la pluralidad de brazos está dispuesta en una o más filas, por ejemplo, en una formación de estrella, de V o hexagonal, como se da a conocer en el documento WO 01/92644. Para aprovechar de forma eficaz la energía undimotriz, la fila de brazos está orientada, preferentemente, de tal manera con respecto al rumbo de la ola que la fila forme un ángulo dentro de +/- 60° con respecto al rumbo de la ola.

Se ha descubierto que la eficacia del aparato según la invención aumenta con una flotabilidad creciente del flotador con respecto a su peso en seco. En consecuencia, en realizaciones preferentes de la invención, la flotabilidad del flotador es de al menos 10 veces su peso en seco, tal como al menos 20, 30 o 50 veces, preferentemente 20-40 veces. Por ejemplo, el peso en seco de un flotador es normalmente de 100 kg o menos por metro cúbico de flotabilidad, siendo normalmente la flotabilidad del agua salada aproximadamente 1050 kg/m³. Normalmente, un flotador está fabricado de materiales resistentes de espuma ligera o de madera de balsa, que están revestidos con un material compuesto, tal como materiales compuestos de fibra de vidrio reforzada o una combinación de materiales compuestos de fibra de vidrio y de fibra de carbono. De forma alternativa, un flotador puede estar fabricado de una capa interlaminar de material de fibra reforzada, proporcionada la espuma resistente en el centro de la estructura interlaminar y en la parte inferior y en la parte superior del flotador, estando separadas las capas de espuma por medio de una estructura alveolar de materiales de fibra reforzada.

La eficacia también aumenta al aumentar el diámetro del flotador con respecto a su altura. Preferentemente, el diámetro del flotador es al menos 5 veces su altura, tal como al menos 7 veces, tal como al menos 10 veces, o 5-20

veces. En realizaciones preferentes, el flotador tiene un corte transversal esencialmente circular, y para mejorar las propiedades fluidodinámicas del flotador, puede tener una porción de borde redondeado, que actúa como una forma hidrodinámica.

Según la invención, los medios de conversión de energía comprenden un sistema de accionamiento hidráulico con un motor accionado hidráulicamente. Cada brazo está conectado al sistema de accionamiento hidráulico por medio de al menos un actuador que provoca que se desplace un medio hidráulico del sistema de accionamiento hidráulico al interior de un motor hidráulico, estando dispuesto/s el o los actuadores para desplazar el medio hidráulico hasta el motor por medio de conductos hidráulicos comunes. En el caso de varios brazos y varios actuadores, se desplaza el medio hidráulico hasta el motor por medio de conductos hidráulicos compartidos. En otras palabras, varios actuadores hidráulicos suministran medio hidráulico al interior de un único motor hidráulico por medio de un sistema compartido de conductos hidráulicos. Lo más preferentemente es que el medio hidráulico no se acumule en un depósito de almacenamiento hidráulico para acumular medio hidráulico bajo presión, desde el que se libera la presión al motor. En consecuencia, los actuadores suministran medio hidráulico directamente al interior del motor hidráulico. Sin embargo, como se expone a continuación, se puede aplicar de forma ventajosa una batería de acumuladores hidráulicos para un fin completamente distinto, es decir, para obligar a un flotador a entrar en una ola cerca de un seno de ola. Como en realizaciones preferentes, una pluralidad de actuadores transmiten energía simultáneamente al motor, no hay necesidad de un depósito de almacenamiento hidráulico, dado que el motor será capaz de funcionar a una velocidad sustancialmente constante y con una entrada de potencia sustancialmente constante gracias al suministro de energía en el sistema hidráulico compartido desde una pluralidad de actuadores a la vez.

Se debería comprender que puede haberse previsto más de un único motor hidráulico. Preferentemente, dos, tres o más motores pueden estar dispuestos en paralelo al extremo del conducto hidráulico compartido. Por lo tanto, la energía suministrada a través del conducto hidráulico compartido puede accionar varios motores. Por ejemplo, si el sistema de accionamiento hidráulico produce 4 MW, se pueden acoplar en paralelo ocho motores que suministren 500 kW cada uno en el conducto hidráulico compartido. Los motores pueden suministrar la misma salida de potencia nominal, o pueden suministrar distintas salidas de potencia nominal. Por ejemplo, un motor puede suministrar 400 kW, uno puede suministrar 500 kW, etc.

Todos los motores hidráulicos también pueden estar unidos a través del mismo eje pasante, que acciona al menos un generador eléctrico común, o todos los motores hidráulicos pueden accionar una rueda dentada que acciona al menos un generador eléctrico común.

Para permitir que el sistema hidráulico obligue al o a los brazos y al o a los flotadores en cualquier dirección deseada, cada actuador puede comprender un cilindro de doble acción que puede ser utilizado para extraer energía del brazo hacia el sistema hidráulico y para suministrar energía del sistema hidráulico al brazo, por ejemplo para impulsar al flotador para que entre en una ola cerca de un seno de ola como se explicará con más detalle a continuación en conexión con los acumuladores hidráulicos.

En realizaciones preferentes, el aparato comprende medios para obligar al o a los flotadores a entrar en las olas en los senos de las olas, de forma que se aumente la distancia vertical recorrida por el flotador para aumentar la salida de potencia en un ciclo de olas. Tales medios pueden comprender, por ejemplo, uno o más acumuladores hidráulicos para almacenar de forma intermitente energía en el sistema de accionamiento hidráulico. Se puede derivar la energía almacenada en los acumuladores hidráulicos, de forma ventajosa, de la liberación de energía potencial según el flotador es sacado del agua en una cresta de la ola. En otras palabras, según se mueve un flotador desde una posición sumergida en una ola cerca de una cresta de la ola hasta una posición por encima del agua, se libera energía potencial. Esta energía puede ser acumulada en el acumulador o en una batería de acumuladores, cargándose los distintos acumuladores a distintas presiones, por ejemplo en etapas de presión según el número de acumuladores. En realizaciones que incorporan tales acumuladores hidráulicos, el sistema de accionamiento hidráulico puede ser controlable para liberar la energía almacenada en el o los acumuladores, cuando un flotador pasa por un seno de ola, de forma que se impulsa al flotador portado por el brazo al interior de la ola. Para mejorar la eficacia del sistema acumulador, se puede emplear una pluralidad de acumuladores, tal como al menos 2, tal como 3-20, tal como normalmente 6-12, que preferentemente almacenan medio hidráulico en distintas etapas de presión. En realizaciones preferentes, el flotador es impulsado una cierta distancia dentro de la ola cerca de un seno de ola, y subsiguientemente se permite que el flotador se mueva hacia arriba en la ola, pero que, no obstante, siga sumergido en la ola, y se libera el flotador en la cresta de la ola, es decir, se permite que se mueva fuera del agua. Como se ha descrito anteriormente, la energía liberada según se libera el flotador en la cresta de la ola es utilizada para cargar el o los acumuladores hidráulicos, en los que se almacena la energía para impulsar al flotador al interior de la ola. En consecuencia, no se pierde la energía potencial liberada, dado que el flotador es sacado de la ola cerca de la cresta de la ola. Al contrario, se utiliza para impulsar al flotador al interior de la ola en el seno de la ola, por lo que se aumenta la distancia vertical total recorrida por el flotador. Por consiguiente, se aumenta la salida de potencia de un ciclo de olas. Se estima que, con una altura de ola de 1,5 m, se puede aumentar la distancia vertical recorrida por el flotador desde aproximadamente 0,75 m hasta aproximadamente 1,5 m, doblando de esta manera la salida de potencia. La energía utilizada para impulsar al flotador al interior de la ola

en el seno de la ola no provoca esencialmente ninguna pérdida en el sistema de accionamiento, dado que la energía es proporcionada por la liberación del flotador en la cresta de la ola.

Para permitir un control preciso del sistema, cada cilindro según la invención está dotado de un sensor para determinar una posición y/o una velocidad de movimiento del pistón del cilindro, estando dispuesto el sensor para transmitir una señal a una unidad de control de los cilindros y de las válvulas asociadas, de forma que la transmisión de energía desde los cilindros individuales a las partes restantes del sistema de accionamiento hidráulico es controlable individualmente en respuesta a la señal que representa la posición y/o la velocidad de movimiento del pistón del cilindro individual. Por lo tanto, los cilindros pueden ser controlables individualmente, y se puede dejar inoperativo un cilindro, por ejemplo para un mantenimiento, mientras que los cilindros restantes siguen operando, de forma que todo el sistema no se ve afectado esencialmente por la inoperancia de un único cilindro. Preferentemente, el sensor se utiliza para controlar el hundimiento del flotador en el agua, es decir, para controlar la liberación de presión de la batería de acumuladores como se ha descrito anteriormente. El sensor puede ser utilizado, además, para controlar la carga de los acumuladores, es decir, para determinar el paso de una cresta de la ola. Además, el sensor es útil para controlar la liberación del flotador en una cresta de la ola, es decir, para evitar un lanzamiento del flotador similar a una catapulta. El sensor también puede ser utilizado para monitorizar la salida de potencia de cada actuador individual en el sistema de accionamiento hidráulico, de forma que se puede optimizar la salida de potencia de los actuadores individuales y de todo el aparato.

Mientras que algunos sistemas de la técnica anterior dependen de miembros sumergidos de referencia para soportar los medios que convierten energía de las olas del mar en energía útil o de instalaciones en la costa, se ha descubierto que la energía undimotriz es aprovechada de forma más eficaz en mar abierto. En consecuencia, el aparato de la invención comprende, preferentemente, una estructura de soporte que está fijada al fondo del mar. En una realización preferente en la actualidad, la estructura de soporte está fijada al fondo del mar por medio de un ancla de succión, o de forma alternativa por una cimentación por gravedad, o está fijada a un fondo del mar rocoso con tornillos de montaje. De forma ventajosa, la estructura de soporte puede comprender una estructura de refuerzo, estando dispuesta el ancla de succión en un primer punto nodal de la estructura. Al menos un brazo del aparato y, preferentemente, todos los brazos, están soportados en segundos puntos nodales de la estructura de refuerzo, más preferentemente en una cima de una subestructura triangular de la estructura de refuerzo. La subestructura triangular puede definir dos vértices en el fondo del mar, con un medio para fijar la estructura al fondo del mar en cada una de las esquinas. Preferentemente, los medios de fijación están embebidos, al menos parcialmente, en el fondo del mar, por ejemplo por una cimentación de gravedad o un ancla de succión. Dado que los medios de fijación están dispuestos en los puntos nodales de la estructura de refuerzo, se pueden contrarrestar de forma eficaz las fuerzas verticales en la estructura de refuerzo provocadas por la flotabilidad de los flotadores. Una estructura de refuerzo como se ha descrito anteriormente asegura un grado máximo de estabilidad del sistema mientras que permite un peso total reducido de la estructura de soporte.

Se ha hallado que un problema general en los sistemas de la técnica anterior es evitar que los impactos extremos que se producen durante tormentas y huracanes dañen los flotadores, los brazos y otras partes de los aparatos de energía undimotriz. Por lo tanto, las realizaciones de la presente invención proporcionan características que hacen que sea posible que el aparato de energía undimotriz soporte condiciones extremas de oleaje marino. Tal realización comprende un sistema de izado hidráulico para levantar el flotador fuera del océano y para bloquear el flotador en una posición superior por encima de la superficie del océano.

Preferentemente, el sistema de izado hidráulico comprende una o más bombas para bombear medio hidráulico en el interior de los cilindros para levantarlos fuera del océano.

Gracias al sistema de izado hidráulico, el flotador puede ser sacado del océano y puede ser mantenido en una posición bloqueada por encima de la superficie del océano al producirse, por ejemplo, una tormenta o antes de la aparición de hielo. Por lo tanto, el único impacto sobre el flotador cuando es sacado del océano es el impacto del viento, cuya fuerza es significativamente menor que la fuerza de las olas. En una realización, los brazos pueden ser levantados fuera del agua al generar una presión hidráulica en el sistema de izado hidráulico, que provoca que los brazos sean desplazados fuera del océano, y al cerrar de forma apropiada una válvula, preferentemente por medio de un pasador cónico de bloqueo, de forma que se mantenga la presión de izado. El sistema de izado hidráulico puede estar controlado desde una ubicación remota en la costa, o por medio de un sistema de control que forma parte de la máquina de energía undimotriz, y que actúa en respuesta a una señal indicativa de una condición tormentosa, por ejemplo a una señal procedente de un dispositivo electrónico para determinar continuamente la velocidad del viento. El sistema de control puede estar programado para sacar el flotador y el brazo del agua a una altura predeterminada de la ola. Por ejemplo, esta altura de la ola puede ser una cierta fracción, por ejemplo el 30%, de la mayor ola prevista circunscrita al lugar de operación del aparato, la denominada "ola del siglo". Con una profundidad del océano de 20 m, esta altura es de aproximadamente 18 m, y en consecuencia el sistema de control saca el flotador y el brazo fuera del océano a una altura de la ola de aproximadamente 6 m. La altura de la ola puede ser determinada por medio de un sistema mecánico, óptico, electromagnético o acústico, por ejemplo un sistema transductor de presión con un transductor de presión dispuesto en el fondo del mar, un sistema de sónar dispuesto en los flotadores, un sistema de sónar dispuesto en una estructura fija de soporte del aparato y orientado hacia arriba hacia la superficie de las olas, o que opera en el aire apuntando hacia abajo hacia la superficie del agua, o un

sistema de detección con un medio de transmisión de luz o de recepción de luz en los flotadores y/o en la estructura fija de soporte, tal como un haz de luz, por ejemplo, luz láser. De forma alternativa, se puede proporcionar un sistema de radar en la estructura. Se puede generar la presión de un medio hidráulico en el sistema de izado por medio de una bomba que forma parte del sistema de izado hidráulico. De forma alternativa, se puede generar la presión al liberar medio hidráulico presurizado de un acumulador hidráulico apropiado. El acumulador puede ser cargado, por ejemplo, por medio de un sistema de accionamiento hidráulico que, en una realización de la invención, está comprendido en los medios de conversión de energía. Por ejemplo, el acumulador para suministrar la presión de izado hidráulico puede ser un acumulador, o una pluralidad de acumuladores en una denominada batería de acumuladores, para obligar al flotador a entrar en la ola en un seno de la ola como se describe con más detalle a continuación.

Preferentemente, el sistema de izado hidráulico está adaptado para levantar individualmente cada flotador fuera del océano. Por ejemplo, el sistema de izado puede comprender una pluralidad de circuitos hidráulicos, cada uno de los cuales está asociado con uno de los brazos, y cada uno de los cuales comprende medios de válvula y/o de bomba para presurizar el circuito hidráulico para levantar el brazo y el flotador fuera del océano. En una realización el sistema de izado hidráulico comprende menos bombas que circuitos, de forma que la bomba, o cada una de ellas, está conectada a una pluralidad de circuitos, estando designado cada circuito con válvulas asociadas con un brazo. En realizaciones preferentes de la invención, los medios de conversión de energía y los brazos están dispuestos de forma que los brazos, que se mantienen en el océano, pueden suministrar energía a los medios de conversión de energía, mientras que se mantienen levantados uno o más brazos distintos fuera del océano. Las realizaciones que incorporan los medios de conversión de energía del documento WO 01/92644, que está incorporado por referencia al presente documento, pueden permitir una rotación libre, en torno a un eje de accionamiento de los medios de conversión de energía, de brazos que son levantados fuera del océano. Las realizaciones que dependen de los medios de conversión de energía hidráulica, en los que el movimiento de los brazos genera presión en un sistema de accionamiento hidráulico, pueden comprender un medio para dejar inoperativos los medios de conversión de energía, por ejemplo, los actuadores hidráulicos, que estén asociados con un brazo que ha sido levantado fuera del océano. En una realización preferente en la actualidad, se puede levantar un brazo fuera del océano y puede ser bloqueado en una posición elevada por medio del actuador del brazo, por ejemplo un cilindro de doble acción, que puede ser utilizado para levantar y bloquear el brazo.

Las realizaciones preferentes de la presente invención también pueden proporcionar una solución al problema de proporcionar un soporte estable de rotación del o de los brazos, que es menos vulnerable a las componentes horizontales de fuerza. Se ha descubierto que es probable que la estructura del documento US 4.013.382 se vuelva inestable debido a componentes horizontales de la fuerza generada por las olas. Más específicamente, los cojinetes de las varillas de conexión están constituidos por pasadores sencillos, y cualquier ligera holgura en tales cojinetes puede provocar un daño irreparable a las varillas de conexión y sus soportes. Por lo tanto, el aparato del documento US 4.013.382 es inadecuado para ser instalado en el mar abierto, es decir, con fuerzas relativamente grandes de las olas. La estructura dada a conocer en el documento WO 01/02644 también adolece de la desventaja de que incluso la más mínima holgura en los cojinetes unidireccionales que soportan los brazos oscilantes y que conectan las tuberías de los brazos oscilantes y el eje de impulsión puede dañar los cojinetes. Además, el aparato del documento WO 01/02644, en el que un total de unos 40 brazos oscilantes están soportados por un único eje de impulsión, requiere un eje de impulsión sumamente resistente que, debido a sus dimensiones requeridas para que pueda transmitir la energía requerida, sería inviable debido a su peso conferido por sus grandes dimensiones, siendo necesarias tales grandes dimensiones debido al momento transmitido desde los brazos al eje de impulsión. Las realizaciones preferentes del aparato según la presente invención proporcionan un soporte mejorado de los brazos que hace al aparato menos vulnerable a componentes horizontales de fuerza. Por lo tanto, en una realización preferente, el aparato de la invención comprende un par de cojinetes pretensados y esencialmente libres de holguras. Por lo tanto, los cojinetes tienen capacidad para contrarrestar de forma eficaz las fuerzas radiales y axiales y, por consiguiente, para soportar componentes horizontales de la fuerza conferida por las olas. Se debería comprender que la expresión "cojinete libre de holguras" comprende cualquier cojinete que esté libre de holguras en una dirección horizontal y axial. Por ejemplo, el par de cojinetes puede comprender dos cojinetes cónicos, estando enfrentadas entre sí sus caras cónicas. En una realización, los cojinetes están lubricados a presión.

En otra realización, el cojinete comprende un anillo o cilindro interno y uno externo, estando fijado el anillo interno a un eje de rotación del brazo, y estando fijado el anillo externo a un soporte fijo, comprendiendo el cojinete, además, un material flexible entre el anillo interno y el externo. Durante la operación, el anillo interno gira con respecto al anillo externo, retorciendo de ese modo el material flexible. Para ajustar la rigidez del material flexible, se puede proporcionar al menos una cavidad o perforación en el material. El material flexible puede comprender, por ejemplo, un miembro de resorte, tal como un resorte plano. Mediante una colocación apropiada de la o las perforaciones o mediante un diseño apropiado del o de los miembros de resorte, el soporte de los cojinetes puede estar diseñado para tener una mayor capacidad de soporte de fuerzas en una dirección que en otra dirección.

Preferentemente, el brazo está soportado por los cojinetes en dos puntos de montaje que están desplazados con respecto a un eje central del brazo, coincidiendo el eje central de los cojinetes con un eje de rotación de los brazos. Dado que cada brazo está conectado a cada cojinete individual, y está soportado por el mismo, se consigue un soporte estable de rotación para los brazos. En particular, dado que los dos cojinetes están dispuestos,

preferentemente, a una distancia mutua a lo largo del eje de rotación del brazo, se puede contrarrestar un impacto en el eje resultante de una componente horizontal de fuerza sobre el flotador.

5 En consecuencia, se apreciará que la estructura del presente aparato es más estable que la estructura de los dispositivos de la técnica anterior. Dado que el presente aparato está concebido principalmente como una construcción en mar abierto, la estabilidad es una inquietud importante debido a costes de mantenimiento en instalaciones en mar abierto. Normalmente, los costes de mantenimiento de instalaciones en mar abierto son una media de 10 veces mayores que los costes de mantenimiento de instalaciones en la costa.

Breve descripción de los dibujos

10 Ahora se describirán adicionalmente las realizaciones preferentes de la invención con referencia a los dibujos, en los que:

Las Figuras 1 y 2 son ilustraciones en corte transversal de una realización de un aparato de energía undimotriz según la invención;

las Figuras 3-5 muestran tres realizaciones de una estructura en celosía de una realización de un aparato de energía undimotriz según la presente invención;

15 la Fig. 6 ilustra una estructura alveolar de un flotador;

la Fig. 7 ilustra una estructura de soporte para un brazo del aparato de las Figuras 1 y 2;

las Figuras 8-13 muestran diversos conjuntos de cojinetes para un brazo del aparato;

las Figuras 14-17 muestran esquemas de un sistema de accionamiento hidráulico de una realización de un aparato según la invención;

20 la Fig. 18 muestra un esquema de un sistema de izado hidráulico para levantar los flotadores fuera del océano;

la Fig. 19 ilustra un aparato de energía undimotriz con un conjunto de flotadores que se extienden entre dos crestas de ola;

25 la Fig. 20 muestra la presión hidráulica como una función del tiempo en una tubería de alimentación del sistema de accionamiento hidráulico de un aparato de energía undimotriz de la técnica anterior y en una realización del aparato según la presente invención, respectivamente;

la Fig. 21 ilustra dos trayectos de recorrido distintos de un flotador a través de una ola,

la Fig. 22 muestra un esquema de un sistema de accionamiento hidráulico con acumuladores para obligar a los flotadores a entrar en las olas en senos de ola;

la Fig. 23 ilustra la acumulación de energía por etapas en un sistema de almacenamiento hidráulico;

30 las Figuras 24 y 25 son ilustraciones esquemáticas del movimiento de las olas y de los flotadores.

Descripción detallada de los dibujos

35 La siguiente descripción de los dibujos da a conocer una variedad de características y de opciones comprendidas en diversas realizaciones del aparato de energía undimotriz según la invención. Se apreciarán mejor los principios operativos del aspecto más amplio de la invención a partir de la descripción de las realizaciones de las Figuras 1 y 14-20.

Las Figuras 1 y 2 muestran un corte transversal del aparato 102 de energía undimotriz que comprende una estructura 104 de refuerzo que puede ser, por ejemplo, lo que ha dado en llamarse estructura de refuerzo de espacios. La estructura de refuerzo, que también está ilustrada en las Figuras 3-5, comprende una parte inferior esencialmente triangular con miembros primero, segundo y tercero 106, 108, 110 de carga, y una parte superior esencialmente rectangular 111. La parte superior rectangular puede ser utilizada para acomodar equipos hidráulicos y eléctricos, incluyendo el sistema de accionamiento y de izado hidráulico, y puede ser utilizada, además, como un puente o una pasarela de servicio por personal de mantenimiento. Como se ilustra en las Figuras 3-5, la parte superior rectangular se extiende una distancia perpendicular al plano de las Figuras 1 y 2, mientras que se proporciona una pluralidad de partes inferiores triangulares diferenciadas. La estructura de refuerzo define puntos nodales primero, segundo, tercero, cuarto, quinto y sexto 112, 114, 116, 117, 118 y 120. Preferentemente, los miembros de carga son esencialmente rígidos, de forma que pueden soportar tensión y compresión. Se proporcionan los puntos nodales primero y segundo 112, 114 en el fondo del mar y están retenidos en el fondo del mar, por ejemplo, por medio de, anclas 121 de succión indicadas en las Figuras 3-5. De forma alternativa, los puntos nodales primero y segundo 112, 114 pueden estar soportados por una cimentación de hormigón en el fondo del mar. Los brazos 122 que portan flotadores 124 están soportados de forma giratoria en los puntos nodales tercero y cuarto

- 116, 117, o cerca de los mismos. Las Figuras 3-5 muestran una vista en perspectiva de la estructura de refuerzo para soportar una pluralidad de brazos a ambos lados de la estructura. Se debería comprender que la estructura de refuerzo de las Figuras 3-5 puede tener una mayor extensión que la mostrada realmente en las Figuras 3-5, de forma que comprenda, por ejemplo, veinte o treinta secciones triangulares, por lo que un brazo puede extenderse alejándose de la estructura de refuerzo en cada uno de los puntos nodales 116, 117. Una pluralidad de estructuras de refuerzo como las de las Figuras 3-5, tal como tres, seis o más estructuras de refuerzo, pueden estar dispuestas en una disposición de estrella, con forma de V o hexagonal para aumentar el número de brazos y flotadores incluidos en una instalación que comprende el aparato de la invención o una pluralidad de aparatos según la invención.
- Se proporcionan los puntos nodales tercero, cuarto, quinto y sexto 116, 117, 118, 120 por encima de la superficie del mar a una altura suficiente como para garantizar que también se encuentran por encima de la superficie del mar cuando las olas son altas bajo condiciones tormentosas. Por ejemplo, se pueden proporcionar los puntos nodales 116, 117, 118 y 120 a 20 metros por encima de la superficie del mar cuando el mar está en calma. Para transformar la energía de las olas en energía hidráulica, el aparato 102 de energía undimotriz comprende una pluralidad de brazos 122, cada uno de los cuales comprende en un extremo un flotador 124 y en el extremo opuesto está conectado a un eje 126. Los brazos están adaptados para girar en torno a los ejes 126. Cada brazo 122 está fijado a un actuador hidráulico, tal como un cilindro hidráulico 128 que comprende un pistón 130. El cilindro hidráulico 128 está conectado de forma pivotante al brazo en un primer punto 132 de fijación y a la estructura 104 de refuerzo en un segundo punto 134 de fijación. Preferentemente, el segundo punto de fijación está ubicado en un punto nodal, es decir, a lo largo de una porción de borde de una estructura esencialmente rectangular dispuesta encima de la estructura principal triangular de la estructura de refuerzo. Los flotadores 124 mueven los brazos hacia arriba y hacia abajo influidos por el movimiento de las olas. Cuando los brazos se mueven hacia arriba y hacia abajo, se mueve el pistón 130 y, por lo tanto, se transforma la energía undimotriz en energía hidráulica que puede ser convertida en energía eléctrica útil como se describe a continuación en conexión con las Figuras 14-18 y 22.
- Como se muestra en la Fig. 2, los cilindros hidráulicos 128 están adaptados para bloquear los brazos 122 en una posición elevada en la que las olas no pueden alcanzar los brazos 122 y los flotadores 124, siendo movidos los brazos hasta sus posiciones elevadas por medio de los cilindros 128. De ese modo, es posible proteger a los brazos 122 y a los flotadores 124 durante una tormenta o cuando se corre el riesgo de que las temperaturas ambientales cercanas o inferiores a la temperatura de congelación del agua del océano provoquen la formación de hielo en los flotadores. Los cilindros hidráulicos 128 están conectados a un sistema de izado hidráulico para bloquear el cilindro hidráulico en la posición elevada, exponiéndose el sistema de izado hidráulico con más detalle en conexión con la Fig. 18 a continuación. Los flotadores 124 pueden estar conectados de forma pivotante a los brazos 122. En consecuencia, cuando los brazos son elevados durante una tormenta, los flotadores pueden ser girados hasta una posición en la que son esencialmente paralelos a la dirección del viento. De ese modo, la superficie sobre la que actúa el viento es limitada y, por lo tanto, se reduce la fuerza que actúa sobre los flotadores 124 y se reduce el par transferido a la estructura 104 de refuerzo por medio de los brazos 122. Además, los flotadores están diseñados con una forma aerodinámica con bordes redondeados (no mostrados), de forma que se reduzcan las fuerzas del viento sobre el aparato.
- Como se muestra en las Figuras 3-5, la estructura 104 de refuerzo puede incluir miembros diagonales 113, 115 de carga (no mostrados en las Figuras 1 y 2) para proporcionar un soporte adicional en los puntos nodales 116, 117.
- En las Figuras 4 y 5, la estructura de refuerzo está cargada con un peso que actúa hacia abajo para reducir las fuerzas ascendentes en las anclas 121. El peso es producido por un peso que se extiende longitudinalmente, tal como un depósito 123 de agua (Fig. 4), o por una pluralidad de pesos diferenciados, tales como depósitos 125 de agua (Fig. 5).
- La Fig. 6 muestra una estructura de un flotador esencialmente hueco 124 que comprende una estructura alveolar 127, que soporta las paredes huecas del flotador.
- La Fig. 7 muestra uno de los brazos 122 que está fijado de forma pivotante a un flotador 124 y está adaptado para girar en torno a un eje 126. El brazo está conectado al eje en los puntos primero y segundo 136, 138 de fijación que están desplazados del eje central 140 del brazo. El eje 126 está soportado de forma giratoria por una estructura fija 142 de soporte que comprende dos cojinetes 144 dispuestos para contrarrestar fuerzas radiales y axiales.
- Para proporcionar un soporte de cojinetes esencialmente libre de mantenimiento para la rotación de los brazos 122, los presentes inventores han propuesto cojinetes como los mostrados en las Figuras 8-13. Los cojinetes de la Fig. 8-13 pueden estar incorporados como un cojinete 144 en la estructura de cojinete ilustrada en la Fig. 7 y están particularmente bien adaptados para soportar un eje, cuya amplitud de rotación es de 30 grados o menos durante una operación normal, es decir ± 15 grados o menos, tal como 20 grados o menos, es decir ± 10 grados o menos. Cuando se va a pivotar el brazo hasta la posición fija de la Fig. 2, se puede aflojar la fijación del anillo externo 147, de forma que se permita una mayor amplitud de rotación, por ejemplo ± 40 grados. Los cojinetes de rodillos o de bolas tradicionales tienen una vida útil breve con tales amplitudes de rotación pequeñas, dado que su medio de lubricación normalmente solo cumple con su fin hasta el grado deseado con una rotación continua a una velocidad

de rotación mayor que la conferida por los brazos 122. El cojinete de la Fig. 8 incluye un cilindro o anillo interno 145 y un cilindro o anillo externo 147, entre los que se proporciona una sustancia flexible 149, por ejemplo un material de caucho. El anillo interno 145 está fijado al eje de rotación, y el anillo externo 147 está fijado al soporte estacionario del eje. Gracias a la elasticidad de la sustancia flexible 149, el anillo interno puede girar con respecto al anillo externo, de forma que se permita que el eje soportado gire con respecto a su soporte. Dado que el anillo externo 147 está soportado por una estructura fija, o está encajado en la misma, por ejemplo encajado a presión a lo largo de su periferia externa, se proporciona un soporte axial y radial del eje. Se puede regular la rigidez de la sustancia flexible 149 al proporcionar cavidades 151, tales como orificios o perforaciones, en el material. Se puede aumentar la carga máxima soportable por el cojinete al aumentar la longitud del cojinete (es decir, transversal al plano de la Fig. 8). Se pueden seleccionar el número y las dimensiones de las cavidades 151 para amoldarse a un fin particular, por ejemplo para minimizar la sensibilidad al entalle o para maximizar la fuerza axial que ha de ser contrarrestada por el cojinete. En la Fig. 9 se muestra un cojinete similar 344, que tiene menos cavidades 151 para aumentar la capacidad de soporte de cargas del cojinete en una dirección.

En las Figuras 10, 11 y 12 se muestran cojinetes de torsión similares 346, 348 y 354, respectivamente. Estos cojinetes comprenden anillos internos y externos 145, 147, habiendo intercalados uno o más resortes planos entre los anillos. En la Fig. 10, se proporcionan dos resortes planos 147, cada uno de los cuales forma la silueta del número 3. Las flechas 345 y 347 indican que la capacidad de soporte de cargas es mayor en la dirección vertical (flechas 345) que en la dirección horizontal (flechas 347). En el cojinete 348 de la Fig. 11, se proporciona un elemento 352 de resorte plano, que define una pluralidad de cavidades 353. Las flechas 349 y 350 indican que la capacidad de soporte de cargas del cojinete es mayor en las direcciones vertical y horizontal que en las direcciones no horizontales y no verticales (flechas 350). El cojinete 354 de la Fig. 12 comprende dos elementos 362 de resorte plano con forma de H, definiendo cada uno una porción externa y una interna 364 y 366 al igual que una porción 368 de interconexión. Se puede escoger la rigidez del cojinete mediante una selección adecuada de la geometría de los elementos 362 de resorte. Por ejemplo, la porción 368 de interconexión puede estar formada como una S. Las flechas 355 y 357 indican que la capacidad de soporte de cargas es mayor en la dirección vertical que en la dirección horizontal.

Los anillos interno y externo 145, 147 de las Figuras 8-12 pueden estar fabricados de acero o de materiales de fibra de carbono. Asimismo, los resortes planos 342, 352 y 362 pueden estar fabricados de acero o de materiales de fibra de carbono.

Los principios del cojinete de las Figuras 8-12 también pueden ser utilizados para proporcionar un soporte para los cilindros hidráulicos 128.

La Fig. 13 muestra un soporte de cojinetes para un brazo 122, comprendiendo el soporte dos resortes planos 372 y 374. El primer resorte plano 372 aumenta la rigidez a la torsión, al igual que la rigidez transversal del cojinete. Los resortes planos pueden estar fabricados de materiales de fibra de carbono.

En el esquema hidráulico de la Fig. 14, se muestra una pluralidad de cilindros 128 con pistones respectivos 130 que son amovibles hacia arriba y hacia abajo según se mueven los brazos 122 y los flotadores 124 en las olas; cf. la anterior descripción de la Fig. 1. Aunque se muestran tres cilindros en el esquema de la Fig. 14, se debería comprender que el aparato según la invención típicamente comprende un gran número de cilindros, por ejemplo 60 cilindros. Se muestran los cilindros 128 como cilindros de doble acción conectados en sus extremos superiores a conductos 176 de alimentación para un medio hidráulico del sistema. En cada conducto 176 de alimentación se proporciona una válvula 178 de impulsión. Los conductos 176 de alimentación se unen en un conducto principal común 180, que alimenta un motor hidráulico 182 con un desplazamiento volumétrico variable por revolución. En los conductos 176 de alimentación y en el conducto principal común 180, se mantiene una presión operativa p_0 . De forma ventajosa, la presión p_0 también puede ser la presión umbral de la válvula 178 a la que la válvula conmuta entre su estado abierto y cerrado. El motor hidráulico acciona un generador eléctrico 184, y en la salida del motor hidráulico, se conduce el medio hidráulico hasta un depósito 186. Desde el depósito 186, el medio hidráulico vuelve a fluir hasta los cilindros 128 por medio de un conducto común 188 de retorno y conductos ramificados 190 de retorno.

En cada uno de los cilindros 128, el pistón 130 divide el cilindro en cámaras superior e inferior 192, 194 que están interconectadas por medio de conductos 196 y 198. En cada uno de los conductos 196 se proporciona una válvula bidireccional 200, y en paralelo a la misma se proporciona, en el conducto 198, una válvula 202 de impulsión y una válvula 204 de control del flujo en serie. Finalmente, cada cilindro está dotado de un elemento 206 de control para determinar la posición y/o la velocidad de movimiento del pistón 130 del cilindro 128.

Cuando la válvula bidireccional 200 está abierta, el pistón 130 puede moverse libremente cuando los brazos 122 (véase la Fig. 1) se mueven en las olas. Cuando el elemento 206 de control determina una cierta posición y/o una cierta velocidad de movimiento del pistón 130, se envía una señal de control a la válvula 200 lo que provoca que se cierre la válvula 200. Cuando se cierre la válvula 178 de impulsión, el pistón 130 será bloqueado mientras que la ola continúa elevándose hasta que la flotabilidad del flotador es lo suficientemente grande como para superar la presión operativa p_0 en los conductos de alimentación y principal 176, 180, de forma que se abra la válvula 178 de

impulsión. Por lo tanto, se comprenderá que el flotador 124 (véase la Fig. 1) está sumergido al menos parcialmente en la ola cuando se abre la válvula 178 (cf. también la siguiente exposición de la Fig. 21). Una vez se abre la válvula 178 de impulsión, se suministra el medio hidráulico al motor 182. Cuando el flotador pasa la cresta de la ola, el flotador sigue estando sumergido, pero cae la presión en la parte superior 192 del cilindro 128, y se cierra la válvula 178 de impulsión. Subsiguientemente, se abre la válvula bidireccional 200, y se desplaza el medio hidráulico desde la parte inferior 194 del cilindro hasta la parte superior 192 del cilindro, según se mueve el flotador descendiendo por la ola desde la cresta de la ola hasta el seno de la ola.

Se apreciará que, debido al gran número de cilindros 128, se garantiza que en todo momento al menos dos de ellos, y preferentemente varios, suministra un flujo de medio hidráulico al motor 182. De ese modo, se puede garantizar una salida de potencia uniforme desde el generador 184, preferentemente sin ninguna necesidad de convertidores de frecuencia.

La anterior descripción de la Fig. 14 también es aplicable a la Fig. 15. Sin embargo, en la realización de la Fig. 15 se proporciona una pluralidad de motores hidráulicos 182, 208, 210. Cada uno de los motores hidráulicos 182, 208, 210 está conectado a generadores eléctricos respectivos 184, 212, 214. En la realización de la Fig. 15, solo se proporcionan tres motores hidráulicos y generadores eléctricos, pero en otras realizaciones el aparato de energía undimotriz comprende un mayor número de motores y generadores. Por ejemplo, se pueden proporcionar 5, 10 o 20 motores y generadores. Se puede escoger la capacidad de los motores hidráulicos y de sus generadores eléctricos correspondientes de forma que sea posible generar distintos niveles de energía. En un ejemplo, los tres generadores pueden tener capacidad para producir 0,5 MW, 0,5 MW y 2 MW, respectivamente. Por lo tanto, para producir 1 MW, el motor hidráulico de los dos generadores de 0,5 MW puede estar conectado al conducto principal común 180, mientras que el tercer generador debería estar desconectado del conducto principal 180. En instalaciones en las que la energía undimotriz es sustancialmente constante en el tiempo, se puede escoger la capacidad de cada uno de los generadores y de sus motores hidráulicos correspondientes para que esté al máximo nivel posible para reducir el número total de motores hidráulicos y generadores. En instalaciones con una gran fluctuación de la altura de las olas y la frecuencia de las olas, se puede escoger la capacidad de los generadores con un principio binario, por ejemplo 1 MW, 2 MW y 4 MW. Al escoger los generadores con un principio binario es posible acoplar y desacoplar dichos generadores utilizando el siguiente patrón, de forma que se optimice el uso de la energía undimotriz.

Generador 1 (1 MW)	Generador 2 (2 MW)	Generador 3 (4 MW)	Salida total [MW]
Conectado	Desconectado	Desconectado	1
Desconectado	Conectado	Desconectado	2
Conectado	Conectado	Desconectado	3
Desconectado	Desconectado	Conectado	4
Conectado	Desconectado	Conectado	5
Conectado	Conectado	Conectado	6

El sistema de la Fig. 16 es similar al sistema de la Fig. 15, sin embargo en el sistema de la Fig. 16 solo se proporciona un único generador eléctrico 184, que es accionado por los motores hidráulicos 182, 208 y 210 por medio de una caja 185 de engranajes. Los motores hidráulicos pueden accionar, por ejemplo, una corona dentada de un engranaje planetario. De forma alternativa, como se muestra en la Fig. 17, los motores hidráulicos 182, 208 y 210 pueden accionar un generador común 184 por medio de un eje pasante común 187.

La Fig. 18 ilustra un sistema de izado hidráulico para levantar los flotadores 124 fuera del océano y para mantenerlos en una posición elevada, en la que las olas no pueden alcanzar los flotadores. La Fig. 18 también incluye un sistema de accionamiento hidráulico similar al sistema de accionamiento descrito anteriormente en conexión con las Figuras 14-17. En la medida en la que se incorporan elementos idénticos o similares en el sistema de accionamiento mostrado en la Fig. 18 como los mostrados en las Figuras 14-17, los números de referencia de la Fig. 6 son utilizados en la Fig. 8, y se hace referencia a la anterior descripción de las Figuras 14-17 para una descripción de tales elementos y su funcionalidad. El sistema de izado hidráulico de la Fig. 18 está adaptado para levantar individualmente uno o más flotadores 124 fuera del agua y para desacoplar los cilindros de los flotadores levantados del sistema de accionamiento hidráulico. El sistema de la Fig. 18 incluye, además del conducto común 188 de retorno, un conducto 266 que conecta el depósito 186 a una bomba 268 accionada por un motor 270. El conducto 272 conecta el lado corriente abajo de la bomba 268 con un número de válvulas unidireccionales 274, siendo igual el número de válvulas unidireccionales al número de flotadores y de cilindros 128. Los conductos 276 conectan los lados corriente abajo respectivos de las válvulas 274 con válvulas bidireccionales respectivas 278 y las válvulas unidireccionales 280, corriente debajo de las cuales los conductos 276 se unen en un conducto común 282. Los conductos 276 se comunican con las cámaras inferiores 194 de los cilindros y con los conductos 198 por medio

de los conductos 284. Además, los conductos 276 se comunican con las cámaras superiores 192 de los cilindros y con los conductos 176 de alimentación por medio de los conductos 196. Finalmente, se proporcionan las válvulas bidireccionales 286 en las tuberías ramificadas 190 de retorno, y se proporcionan válvulas bidireccionales 288 en los conductos 198.

5 Cuando se va a levantar un brazo fuera del agua, se cierran la válvula 278, la válvula 286 y la válvula 288. Se abren las válvulas 274 y 280, y la bomba 268 puede impulsar medio hidráulico al interior de la cámara inferior 194 del cilindro, y se eleva el brazo asociado con el cilindro en cuestión. Se conduce el medio hidráulico en la cámara superior 192 del cilindro al depósito 186 por medio de la válvula 280. El elemento 206 de control detecta que el brazo y, con él, el pistón 130 han alcanzado su posición deseada, por ejemplo su posición más alta, y se envía una
10 señal a las válvulas 274 y 280 que provoca que se cierren. Por consiguiente, se bloquea el pistón 130, y se fija el brazo en una posición, en la que el flotador 124 está levantado fuera del agua. El brazo 122 puede estar soportado, además, por un trinquete (no mostrado) que se acopla al brazo.

La Fig. 19 es una ilustración esquemática que muestra una pluralidad de flotadores 124 y 164 que están acoplados a un sistema de accionamiento hidráulico por medio de cilindros como se ha descrito anteriormente en conexión con las Figuras 14-18. En la Fig. 19, se hace referencia a los flotadores que están ubicados en crestas 146, 148 de ola por medio del número 164 de referencia, mientras que se hace referencia a todos los otros flotadores por medio del número 124 de referencia. Sin embargo, no hay ninguna diferencia estructural entre los flotadores 124 y los flotadores 164. Las crestas primera, segunda y tercera 146, 148, 150 de ola están indicadas por medio de líneas dobles en la Fig. 19, y los senos primero y segundo 152, 154 de ola están indicados por medio de líneas de trazo simple en la figura. La dirección de movimiento de los frentes de onda está indicada por una primera flecha 156, estando indicada la longitud de onda por una segunda flecha 158 y las partes ascendente y descendente de las olas están indicadas por medio de flechas tercera y cuarta 160, 162, respectivamente. Como se indica en la Fig. 19, los flotadores 164 que se encuentran en las crestas 146 y 148 de ola acaban de completar de esta manera su movimiento ascendente provocado por las olas. Los flotadores 124 que se encuentran entre la primera cresta 146 de ola y el primer seno 152 de ola están ascendiendo por la ola, mientras que los flotadores que están entre la segunda cresta 148 de ola y el primer seno 152 de ola están moviéndose hacia abajo a lo largo de un lado corriente abajo de la ola. Dado que el conjunto de flotadores 124, 164 abarca una longitud de onda completa, una pluralidad de flotadores está ascendiendo por una ola en cualquier momento, por lo que se garantiza que una pluralidad de flotadores suministra un aporte de energía al sistema de accionamiento hidráulico en cualquier momento. Como se ha descrito anteriormente con referencia a las Figuras 14-17, cada uno de los flotadores acciona un cilindro hidráulico, y se crea presión hidráulica en el conducto principal 180 (cf. las Figuras 14-17). Dado que una pluralidad de los flotadores está ascendiendo al mismo tiempo, una pluralidad de cilindros hidráulicos proporciona presión hidráulica simultáneamente. En consecuencia, gracias a la provisión del conducto principal común 180 conectado a una pluralidad de cilindros con flotadores respectivos y gracias a la extensión del conjunto de flotadores de al menos una longitud de onda completa, se pueden mantener reducidas las fluctuaciones de presión en el conducto principal común 180 y, por lo tanto, las fluctuaciones de presión en la entrada al motor hidráulico 182 o a los motores hidráulicos 182, 208 210. Dado que los motores hidráulicos 182, 208 y 210 son motores con un desplazamiento variable por vuelta, se pueden mantener esencialmente constantes las rpm de los motores. Esto, a su vez, confiere el efecto de que la frecuencia de corriente CA generada por el generador 184 o los generadores 184, 212 y 214 es esencialmente constante, por lo que se consigue que, en realizaciones preferentes de la invención, la corriente CA pueda ser generada sin la necesidad de convertidores de frecuencia.

En la Fig. 19, la dirección de la ola define un ángulo θ con respecto a la fila de flotadores. La dirección de la ola es paralela a la fila de flotadores cuando $\theta = 0^\circ$. Se comprenderá que cuanto mayor sea el ángulo θ con respecto a 0° , mayor deberá ser la fila de flotadores para garantizar que en cualquier momento dado al menos un flotador se mueva hacia arriba por una ola para suministrar un aporte de presión en el conducto principal común 180 (cf. las Figuras 14-17) del sistema de accionamiento hidráulico.

Al diseñar el sistema se deberían tener en cuenta la longitud de onda y las direcciones típicas de la ubicación para garantizar una presión hidráulica sustancialmente constante en el sistema. En realizaciones preferentes de la invención, la relación entre la dirección de la ola (ángulo θ) y la longitud del aparato de energía undimotriz, es decir se puede determinar la longitud abarcada por los flotadores 124, 164 por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Longitud del aparato de energía undimotriz} \geq \frac{\text{longitud de onda}}{\cos(\theta)}$$

La Fig. 20 muestra la presión hidráulica 242 en el conducto principal común 180 (cf. las Figuras 14-17) como una función del tiempo 240. La primera curva 244 muestra la presión hidráulica en una tubería de alimentación de un aparato típico de energía undimotriz de la técnica anterior con cilindros hidráulicos que alimentan un acumulador con un motor hidráulico. Como se indica en la Fig. 20, la presión hidráulica fluctúa con el periodo 246 de las olas. La presión hidráulica 248 en una realización del aparato de energía undimotriz de la presente invención que comprende una pluralidad de brazos, de flotadores y de cilindros y sin acumuladores fluctúa con una amplitud menor.

La Fig. 21 ilustra dos trayectos de recorrido distintos de un flotador a través de una ola que se mueve en la dirección de la flecha 171. La parte superior de la Fig. 21 ilustra un trayecto de flujo, en la que no se toman medidas para aumentar la distancia vertical de recorrido del flotador 124 cuando una ola pasa por el flotador. La parte inferior de la Fig. 21 ilustra un trayecto de flujo en el que la distancia vertical de recorrido del flotador aumenta al obligar activamente el flotador 124 a entrar en el seno 152 de la ola.

En la parte superior de la Fig. 21, en la posición 172a, el flotador 124 está moviéndose hacia abajo con la ola hasta que el flotador alcanza el seno 152 de la ola en la posición 172b. En este punto se bloquea el cilindro hidráulico según se cierra la válvula 178 de impulsión (cf. las Figuras 14-17), cerrándose también la válvula bidireccional 200, y en consecuencia el flotador se mueve horizontalmente al interior de la ola hasta la posición 172d a través de la posición 172c. A medida que la ola se eleva, la presión se acumula en la cámara superior 192 del cilindro 128 y en el conducto corriente arriba de la válvula 178 de impulsión (cf. las Figuras 14-17). En la posición 172d, la presión es suficiente como para superar la presión umbral de la válvula 178 de impulsión, que se abre, por lo que se permite que el flotador 124 se mueva hacia arriba en la ola hasta la posición 172f a través de la posición 172e. Durante este movimiento, el cilindro hidráulico 128 del flotador 124 introduce el medio hidráulico en el conducto hidráulico común 180, por lo que se suministra un aporte de energía al motor hidráulico 182 o a los motores hidráulicos 182, 208, 210. En la posición 172f, cuando la ola que pasa está a punto de descender, la presión en el conducto 176 de alimentación cae por debajo del umbral de cierre de la válvula 178 de impulsión, que se cierra. En cuanto se cierra la válvula 178 de impulsión y se abre la válvula bidireccional 200, el flotador 124 se desacopla del conducto hidráulico común 180 y la flotabilidad del flotador 124 provoca que se mueva esencialmente verticalmente fuera del agua hasta la posición 172g. Según desciende la ola, el flotador 124 se mueve hacia abajo con la ola hasta la posición 172h, y el flotador comienza un nuevo ciclo en la siguiente ola. El flotador 124 recorre una distancia vertical 168. A partir de la anterior descripción de la Fig. 21, se apreciará que el aporte de energía de cada flotador individual 124 y del cilindro asociado 128 al sistema de accionamiento hidráulico es conferido durante el movimiento vertical del flotador.

Por lo tanto, para aumentar la salida de potencia del aparato de energía undimotriz es deseable aumentar la distancia vertical de recorrido del flotador 124. La parte inferior de la Fig. 21 ilustra un trayecto de recorrido alternativo del flotador 124 a través de la ola, en la que se toman medidas para aumentar la distancia vertical recorrida por el flotador 124. En la posición 174a, el flotador 124 desciende en el lado corriente abajo de una ola. En la posición 174b, el flotador 124 ha alcanzado el seno 152 de la ola. En este punto, el flotador es obligado a descender bajo el agua hasta la posición 174c, y se cierran la válvula 178 de impulsión y la válvula bidireccional 200 (cf. las Figuras 14-17). Cuando la presión corriente arriba de la válvula 178 de impulsión supera la presión umbral de cierre de la válvula 178 de impulsión, se abre la válvula 178, y el flotador 124 se mueve hasta la posición 174g a través de 174d, 174e y 174f. En la posición 174f, se cierra la válvula 178 de impulsión y se abre la válvula bidireccional 202, y la flotabilidad del flotador 124 hace que el flotador se mueva de forma esencialmente vertical fuera del agua hasta la posición 174h, desde la que el flotador desciende por el lado corriente abajo de la ola hasta la posición 174i, y se repite el anterior ciclo. Gracias a la entrada obligada del flotador en el agua, en la cresta 152 de la ola, es decir desde la posición 174b hasta la posición 174c, la distancia vertical 170 recorrida por el flotador es significativamente mayor que la distancia vertical 168 recorrida en realizaciones en las que se obliga al flotador a bajar hasta el interior de la ola en un seno de la ola, o cerca de uno; cf. la parte superior de la Fig. 21. Por lo tanto, el aporte de energía del cilindro 128 de un flotador 124 también es significativamente mayor con respecto al trayecto de la parte inferior de la Fig. 21 que con respecto al trayecto de la parte superior de la Fig. 21.

Evidentemente, una ganancia neta en términos de salida de potencia total del aparato de energía undimotriz solo surge si la energía utilizada para obligar al flotador 124 a entrar en la ola en el seno 152 de la ola no es restada de la salida de potencia del aparato. La Fig. 22 muestra una realización modificada del sistema de accionamiento hidráulico de la Fig. 14, que puede acumular energía potencial liberada según se mueve un flotador 124 verticalmente fuera de una ola en una cresta de ola, o cerca de una, es decir, desde la posición 174g hasta la posición 174h en la parte inferior de la Fig. 21. Esta energía, que se pierde en las realizaciones de las Figuras 14-17, es utilizada para obligar al flotador 124 a entrar en la ola.

Más específicamente, la Fig. 22 muestra un esquema hidráulico con acumuladores primero, segundo, tercero y cuarto 216, 218, 220, 222 para obligar a los flotadores a descender bajo las olas en senos de olas. Además del sistema de la Fig. 14, el sistema hidráulico de la Fig. 22 comprende los acumuladores hidráulicos 216, 218, 220, 222, que están dispuestos en un extremo de los conductos 224, 226, 228, 230 de los acumuladores hidráulicos, que están conectados a los conductos 176 de alimentación por medio de las válvulas bidireccionales primera, segunda, tercera y cuarta 232, 234, 236, 238. Una vez un flotador ha pasado por una cresta de ola, se cierra la válvula 178 de impulsión como se ha descrito anteriormente en conexión con la Fig. 14, y el flotador 124 sale de la ola desde su posición sumergida en la ola. El medio hidráulico, que es desplazado de ese modo desde la parte superior 192 del cilindro, es conducido hasta los acumuladores 216, 218, 220, 222 por medio de las válvulas 232, 234, 236, 238 y los conductos 224, 226, 228, 230 de los acumuladores. En una realización, las válvulas 232, 234, 236, 238 están dispuestas y controladas, de forma que la primera válvula 232 se cierra a una primera presión p_1 , siendo p_1 menor que la presión operativa p_0 en el conducto principal 180. La segunda válvula 234 se abre a la primera presión p_1 y se cierra de nuevo a una segunda presión menor p_2 . La tercera válvula 236 se abre a la segunda presión p_2 y se cierra de nuevo a una tercera presión menor p_3 . La cuarta válvula 238 se abre a la tercera presión p_3 y se cierra de nuevo a una cuarta presión menor p_4 . A una presión aún menor p_5 , se abre la válvula bidireccional 200.

5 En un seno de ola, se cierra la válvula 200, se abre la cuarta válvula bidireccional 238, y se utiliza la presión en el cuarto acumulador 222 para obligar al flotador a descender bajo el agua. Cuando se cierra la cuarta válvula bidireccional 238, se abre la tercera válvula bidireccional 236, y se utiliza la presión en el tercer acumulador 220 para obligar al flotador a descender más bajo el agua. Después de ello, se cierra la tercera válvula bidireccional 236, y se abre la segunda válvula bidireccional 234, y se utiliza la presión en el segundo acumulador 218 para obligar al flotador a descender aún más bajo el agua. Subsiguientemente, se cierra la segunda válvula bidireccional 234, y se abre la primera válvula bidireccional 232 de forma que se utiliza la presión en el primer acumulador 216 para obligar al flotador a descender más bajo la superficie del agua. Finalmente, se cierra la primera válvula bidireccional 232, y se abre la válvula 178 de impulsión.

10 Por lo tanto, se apreciará que se puede utilizar al menos una porción de la energía potencial liberada según se mueve el flotador 124 verticalmente fuera de la ola desde la posición 174g hasta la posición 174h (cf. la parte inferior de la Fig. 21) para obligar al flotador a entrar en el agua en un seno 152 de ola para aumentar la salida de potencia del aparato de energía undimotriz. En consecuencia, el descenso obligado de un flotador de la forma descrita anteriormente puede ser considerado como una forma de utilización de la energía potencial liberada en las crestas de las olas, energía que se perdería de lo contrario.

15 Se pueden proporcionar más de cuatro acumuladores 216, 218, 220 y 222. Por ejemplo, se pueden proporcionar seis, ocho, diez, doce o incluso más acumuladores.

20 La Fig. 23 muestra, en general, una representación gráfica de la acumulación de energía en N etapas, es decir en N acumuladores que se corresponden con los acumuladores 216, 218, 220 y 222 de la Fig. 22. El primer eje indica el desplazamiento vertical d_0 250 del flotador en el agua, y el segundo eje indica la fuerza F_0 252. El área del triángulo de rayado sencillo que cubre la mitad del esquema de la Fig. 23 indica la energía máxima ideal, que está disponible. Sin embargo, para utilizar esta energía, el sistema deberá comprender un número infinito de etapas, es decir un número infinito de acumuladores. En otras palabras, cuanto mayor sea la diferencia de presión entre dos etapas, mayor será la pérdida de energía para cada etapa. En la Fig. 23, la pérdida de energía está indicada por medio de triángulos 254 de rayado sencillo. Cada triángulo indica que el flotador es desplazado una distancia vertical Δd . El área de cada uno de los triángulos pequeños es la mitad de la altura por la longitud. Por lo tanto, se puede determinar la pérdida de cada etapa por medio de la siguiente fórmula:

$$A_{\text{pérdida por etapa}} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{F_0}{d_0} \cdot \Delta d \right) \cdot \Delta d = \frac{F_0 \Delta d^2}{2d_0}$$

En la que

30 F_0 es la fuerza de la carrera cuando se obliga al flotador a recorrer la distancia d_0 bajo el agua,

$\Delta d = d_0/N$, y

N es el número de etapas.

La pérdida total de energía, es decir, la suma de los triángulos pequeños, está definida por la siguiente fórmula:

$$\sum A_{\text{pérdida por etapa}} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{F_0}{d_0} \right) \cdot \left(\frac{d_0}{N} \right) \cdot \left(\frac{d_0}{N} \right) \cdot N = \frac{F_0 d_0}{2N}$$

35 En consecuencia, cuanto mayor sea el número de etapas N, menor será la pérdida total de energía.

40 En la Fig. 24 se muestra el efecto de los acumuladores expuesto anteriormente en conexión con las Figuras 22 y 23, en el que la curva 256 muestra el movimiento del flotador en la ola como una función del tiempo, y la curva 258 muestra la forma de una ola como una función del tiempo. Existe un solapamiento parcial de las curvas 256 y 258 en el lado corriente abajo, es decir descendente, de una ola. En 260, se cierra la válvula bidireccional 200 (cf. la Fig. 22) mientras que también se cierra la válvula 178 de impulsión, y se bloquea el flotador. En 262, el flotador sale de la ola y suministra energía a los acumuladores 216, 218, 220 y 222. En la Fig. 25, la curva 264 muestra el hundimiento real del flotador en la ola.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (102) de energía undimotriz que comprende:
- una pluralidad de brazos (122), cada uno de los cuales está soportado de forma rotativa en un extremo por medio de un eje (126), y en el que cada brazo porta un flotador (124) en su otro extremo, que es opuesto al extremo soportado, de forma que un movimiento de desplazamiento del flotador provocado por una ola da como resultado la rotación del brazo en torno al eje,
 - medios de conversión de energía para convertir energía transmitida de la ola a los brazos en energía eléctrica, estando dispuesta la pluralidad de brazos en una fila, de forma que una ola que pasa por la fila de brazos provoca que los brazos pivoten de forma sucesiva en torno al eje, estando dispuestos los brazos a distancias mutuas, de forma que el paso de la ola provoca que los brazos pivoten con un desfase mutuo, comprendiendo los medios de conversión de energía un sistema de accionamiento hidráulico con un motor (182) accionado de forma hidráulica,
- en el que cada brazo está conectado al sistema de accionamiento hidráulico por medio de al menos un cilindro hidráulico (128) que provoca que un medio hidráulico del sistema de accionamiento hidráulico sea desplazado hasta el interior del motor, estando dispuestos los cilindros para desplazar el medio hidráulico hasta el motor por medio de conductos hidráulicos comunes (180),
- caracterizado porque**
- cada cilindro está dotado de un sensor (206) para determinar una posición y/o una velocidad de movimiento del pistón (130) del cilindro, estando dispuesto el sensor para transmitir una señal a una unidad de control de los cilindros y de las válvulas asociadas, de forma que la transmisión de energía desde cada cilindro individual (128) a las partes restantes del sistema de accionamiento hidráulico es controlable de forma individual en respuesta a la señal que representa la posición y/o la velocidad de movimiento del pistón del cilindro individual.
2. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 1, en el que la fila de brazos está orientada de tal forma con respecto al rumbo de la ola que la fila forme un ángulo θ de +/- 60° con respecto al rumbo.
 3. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 1 o 2, en el que cada uno de los brazos (122) transmite de forma intermitente energía a los medios de conversión de energía cuando una ola pasa el flotador (124) del brazo, estando dispuestos los brazos y los flotadores con tales distancias mutuas que, en todo momento, al menos dos brazos y flotadores suministran simultáneamente un aporte de energía a los medios de conversión de energía.
 4. Un aparato de energía undimotriz según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la flotabilidad del flotador (124) es al menos 10 veces su peso en seco.
 5. Un aparato de energía undimotriz según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el diámetro del flotador (124) es al menos 5 veces su altura.
 6. Un aparato de energía undimotriz según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la pluralidad de brazos (122) comprende al menos cinco brazos por longitud de onda de las olas.
 7. Un aparato de energía undimotriz según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la pluralidad de brazos (122) comprende al menos cinco brazos que abarcan una longitud total de 50 – 200 m.
 8. Un aparato de energía undimotriz según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los brazos (122) y los flotadores (124) están fabricados de un material que tiene una densidad máxima de 1000 kg/m³.
 9. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 1, en el que el al menos un cilindro hidráulico (128) de cada brazo (122) comprende un cilindro de doble acción.
 10. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 9, en el que el sistema de accionamiento hidráulico comprende al menos un acumulador hidráulico (216, 218, 220, 222) para almacenar de forma intermitente energía en el sistema de accionamiento hidráulico, y en el que el sistema de accionamiento hidráulico es controlable para liberar la energía almacenada en el acumulador, cuando pasa un flotador por un seno de ola, de forma que se obliga al flotador portado por el brazo a entrar en la ola.
 11. Un aparato de energía undimotriz según las reivindicaciones 1 y 10, en el que el medio hidráulico es suministrado al acumulador hidráulico por medio de los conductos hidráulicos comunes (180).
 12. Un aparato de energía undimotriz según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el eje (126) y los medios de conversión de energía están soportados por una estructura (104) de soporte que está anclada al fondo del mar por medio de un ancla (121) de succión o un soporte gravitatorio.

13. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 12, en el que la estructura de soporte comprende una estructura (104) de refuerzo, y en el que el ancla (121) de succión está dispuesta en un primer punto nodal (112) de la estructura de refuerzo.
- 5 14. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 13, en el que el al menos un brazo (122) está soportado por medio de la estructura (104) de refuerzo en un segundo punto nodal (114) de la misma.
15. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 14, en el que dicho segundo punto nodal (114) está dispuesto en una cima de una subestructura triangular de la estructura de refuerzo, y en el que la subestructura triangular define dos vértices en el fondo del mar, con un ancla en cada una de las esquinas.
- 10 16. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 15, en el que la estructura (104) de refuerzo comprende una subestructura poligonal, preferentemente una subestructura rectangular, dispuesta por encima de la subestructura triangular.
17. Un aparato de energía undimotriz según cualquiera de las reivindicaciones 12-16, en el que la estructura (104) de soporte comprende un lastre para proporcionar una fuerza descendente sobre la estructura de soporte, estando dispuesto el lastre por encima del nivel del mar.
- 15 18. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 17, en el que el lastre comprende al menos un depósito de lastre o un contenedor de lastre.
19. Un aparato de energía undimotriz según cualquiera de las reivindicaciones 12-18, en el que el brazo (122) está conectado al eje (126) en al menos dos puntos (136, 138) a lo largo del eje, que están desplazados con respecto a un eje central del brazo, y en el que el eje está soportado de forma giratoria por medio de una estructura fija (142) de soporte que comprende dos cojinetes (144) dispuestos para contrarrestar fuerzas radiales y axiales.
- 20 20. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 19, en el que los cojinetes (144) están pretensados en una dirección axial.
21. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 19 o 20, que comprende una pluralidad de brazos (122) y una pluralidad de ejes (126), de forma que cada brazo está soportado por su propio eje, estando conectado cada brazo a su propio eje en al menos dos puntos (136, 138) a lo largo del eje, que están desplazados con respecto a un eje central del brazo, en el que cada eje está soportado de forma giratoria por la estructura fija de soporte por dos cojinetes (144) dispuestos para contrarrestar fuerzas radiales y axiales.
- 25 22. Un aparato de energía undimotriz según cualquiera de las reivindicaciones 19-21, en el que cada uno de los cojinetes comprende un cilindro o anillo interno y uno externo (145, 147), estando fijado el anillo interno (145) a un eje de rotación del brazo, y estando fijado el anillo externo (147) a un soporte fijo, comprendiendo el cojinete, además, un material flexible entre el anillo interno y el externo.
- 30 23. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 22, en el que el material flexible comprende al menos una cavidad o una perforación (151).
- 35 24. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 22 o 23, en el que el material flexible comprende al menos un miembro (147) de resorte, tal como un resorte plano.
25. Un aparato de energía undimotriz según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende, además, un sistema de izado hidráulico para levantar el flotador (124) fuera del océano y para bloquear el flotador en una posición superior por encima de la superficie del océano.
- 40 26. Un aparato de energía undimotriz según las reivindicaciones 9 y 25, en el que el cilindro de doble acción forma parte del sistema de izado hidráulico, de forma que el cilindro (128) es controlable para levantar el flotador fuera del océano.

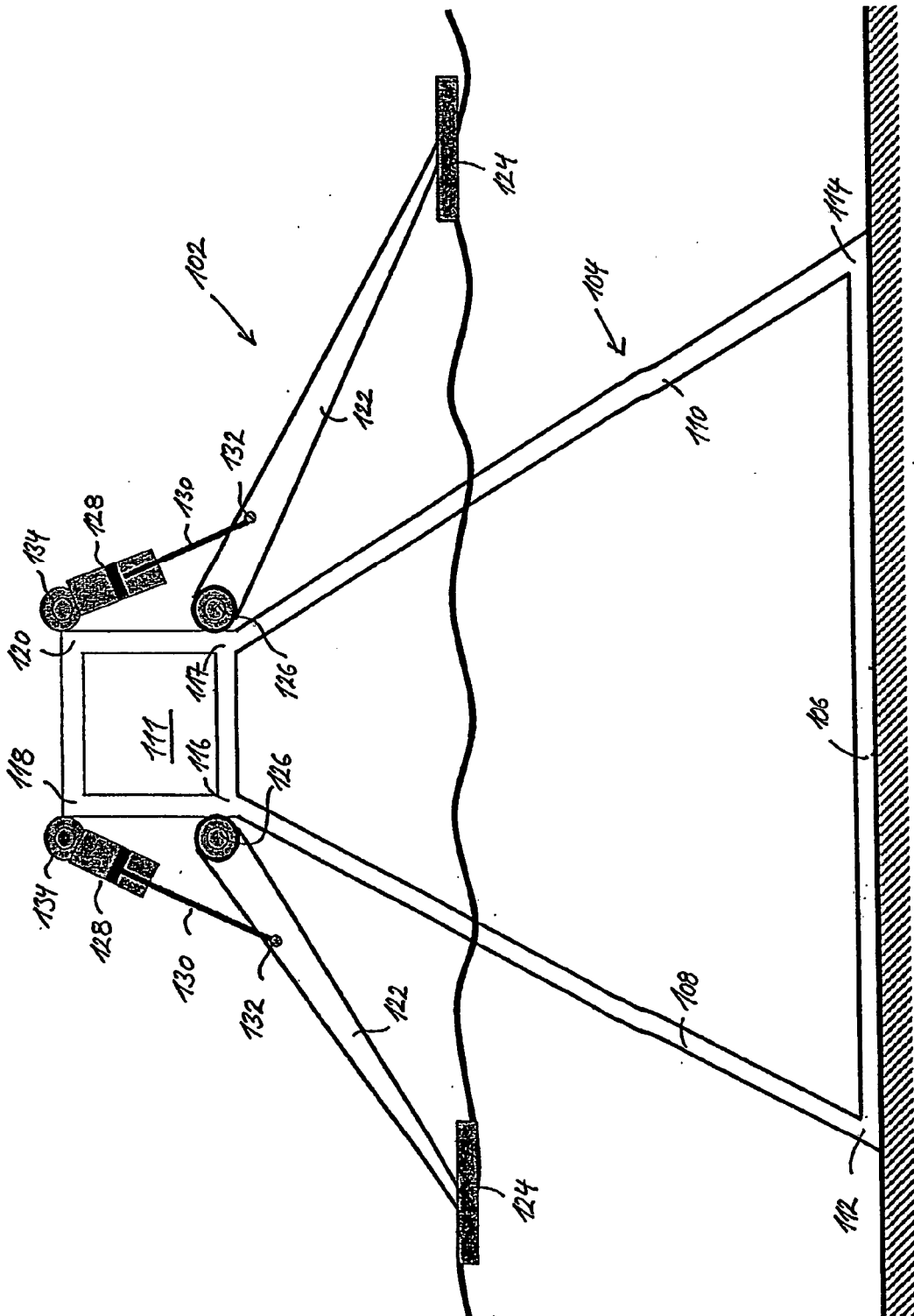


Fig. 1

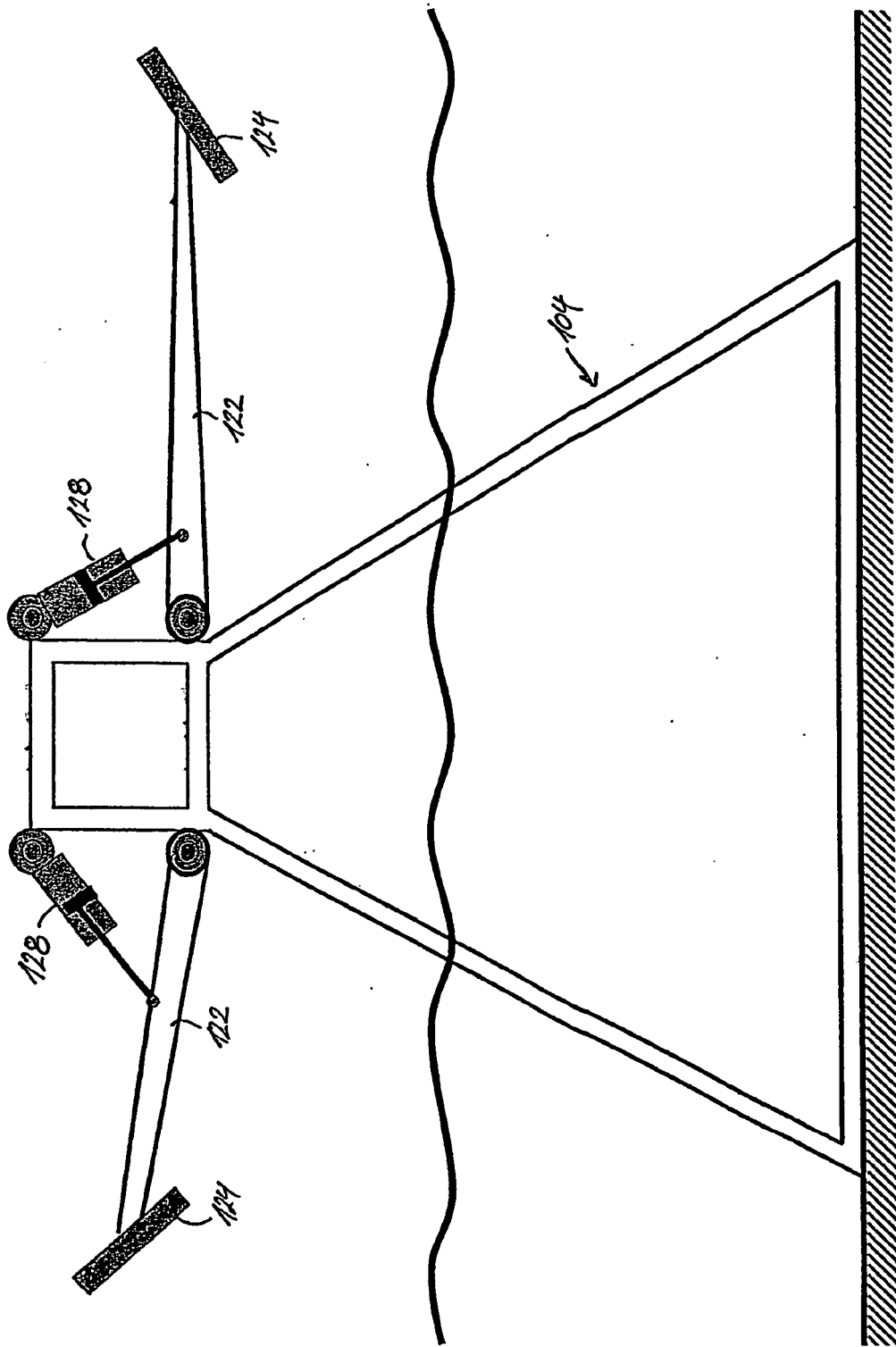


Fig. 2

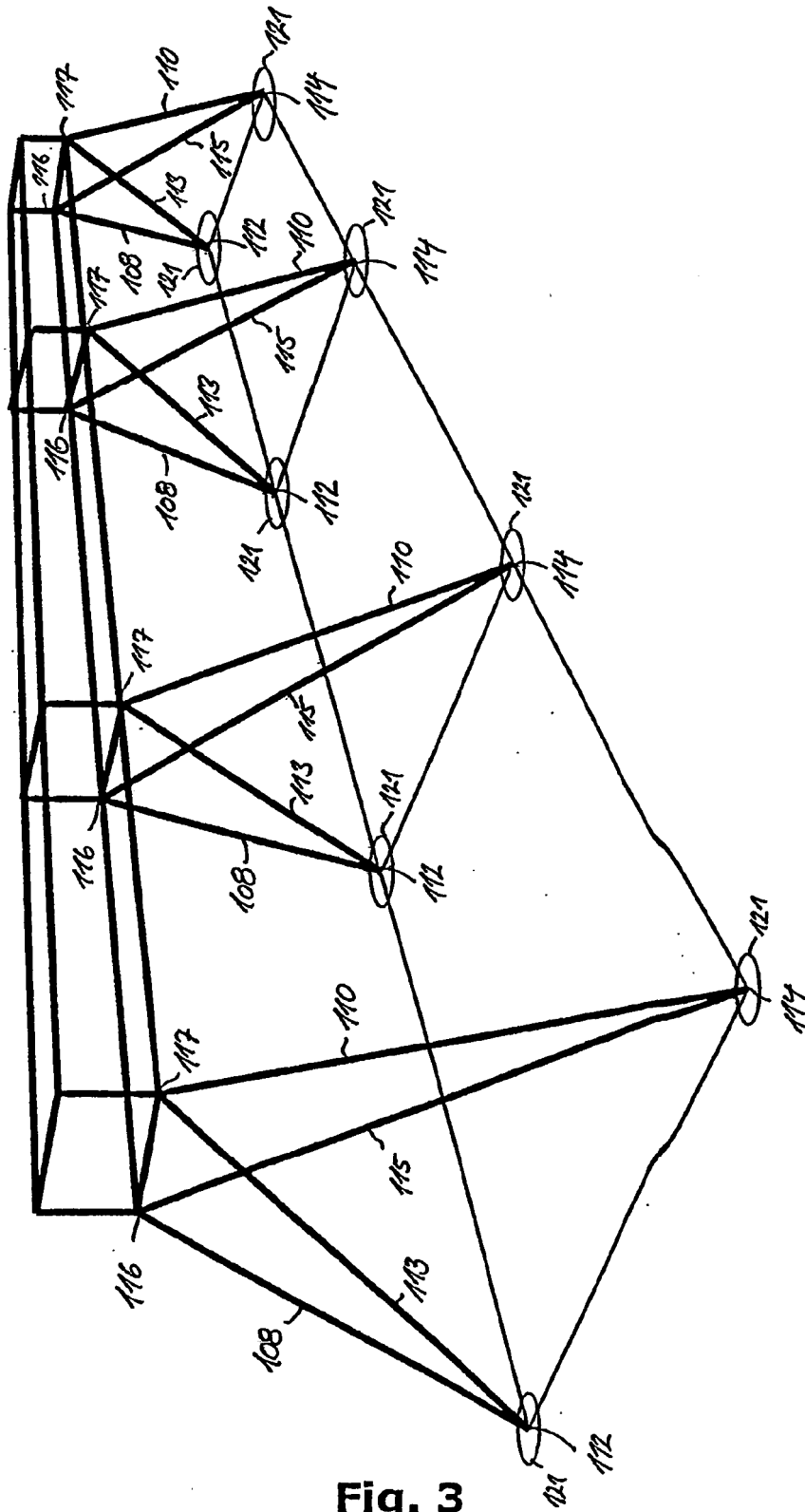


Fig. 3

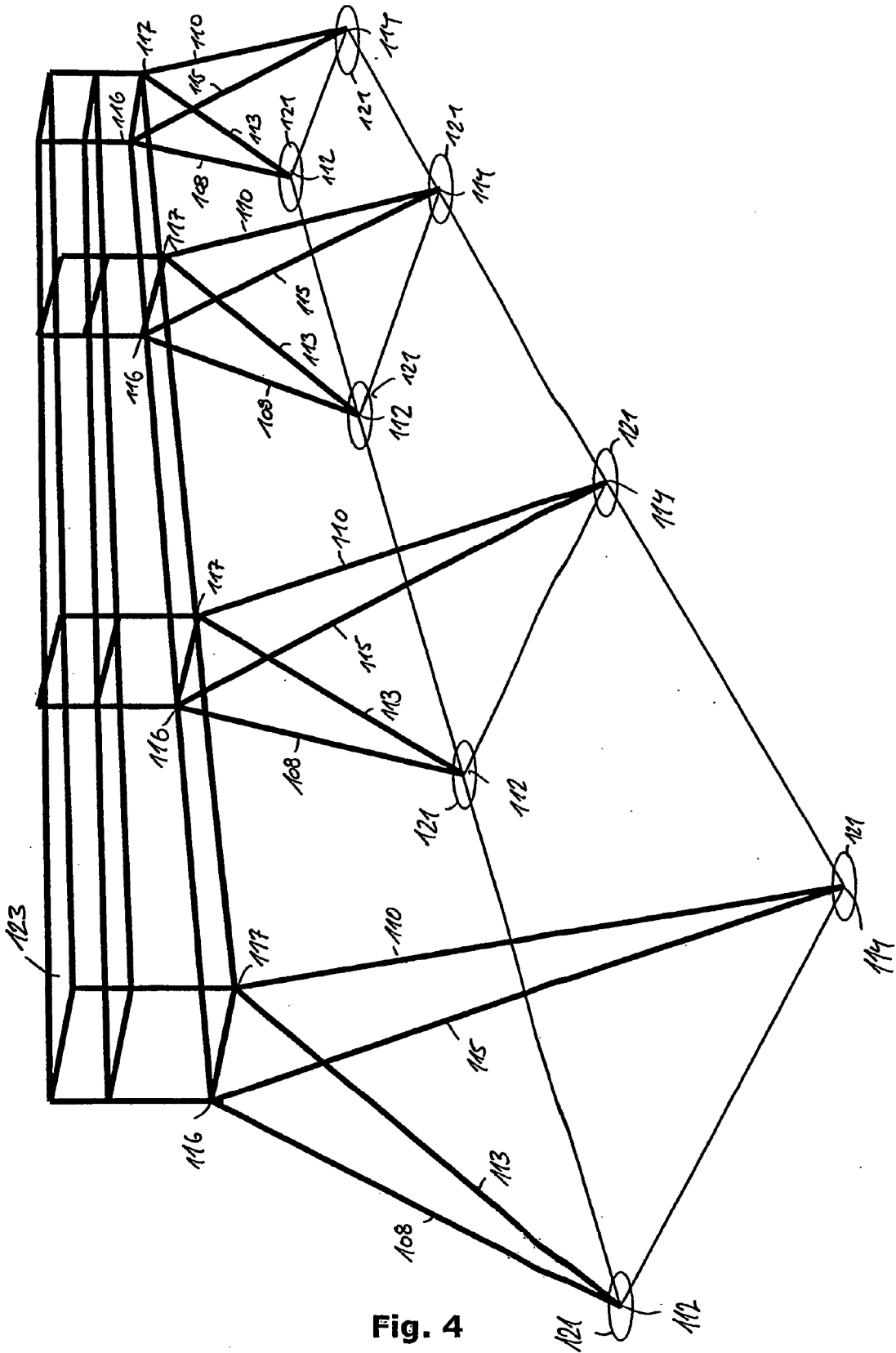


Fig. 4

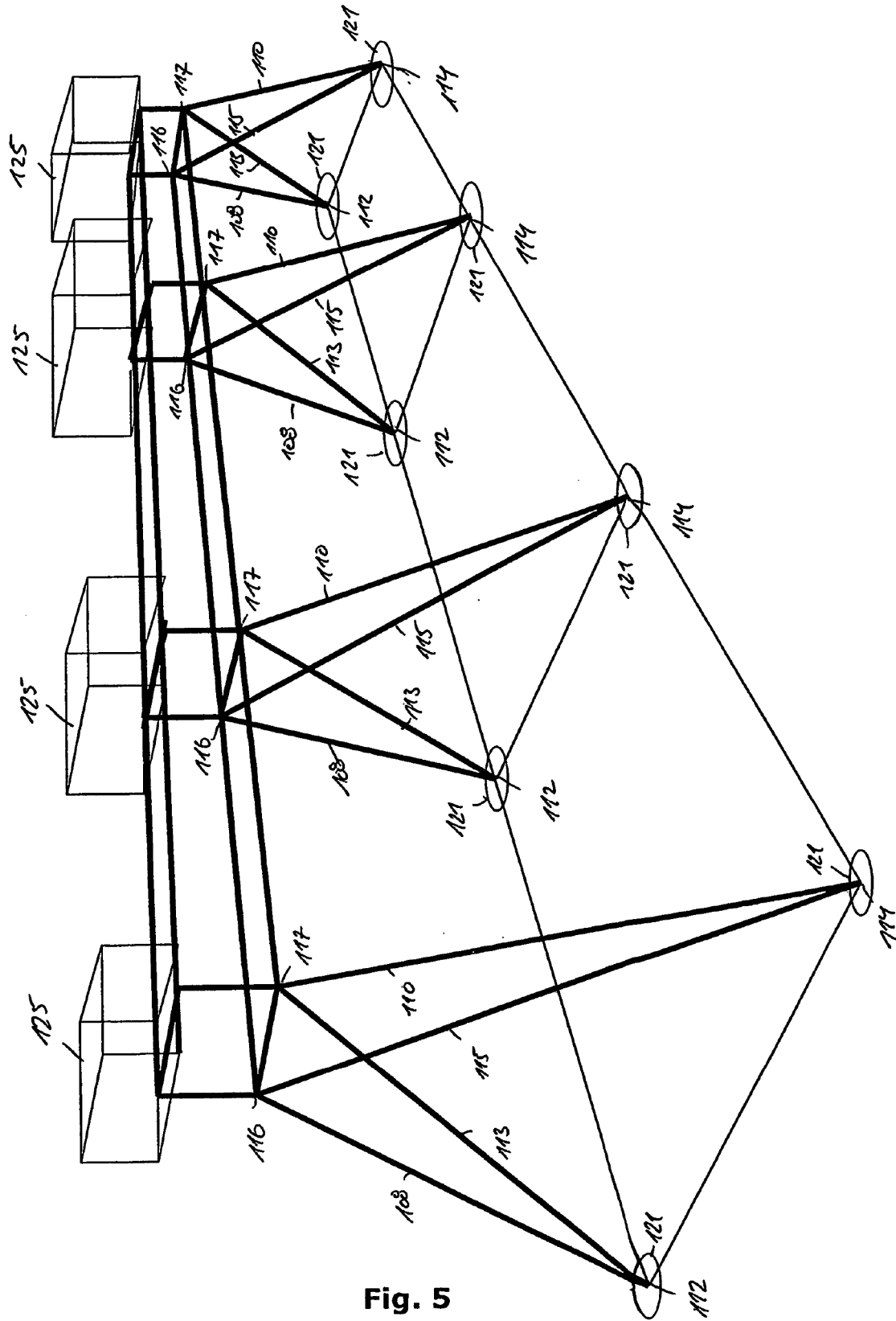


Fig. 5

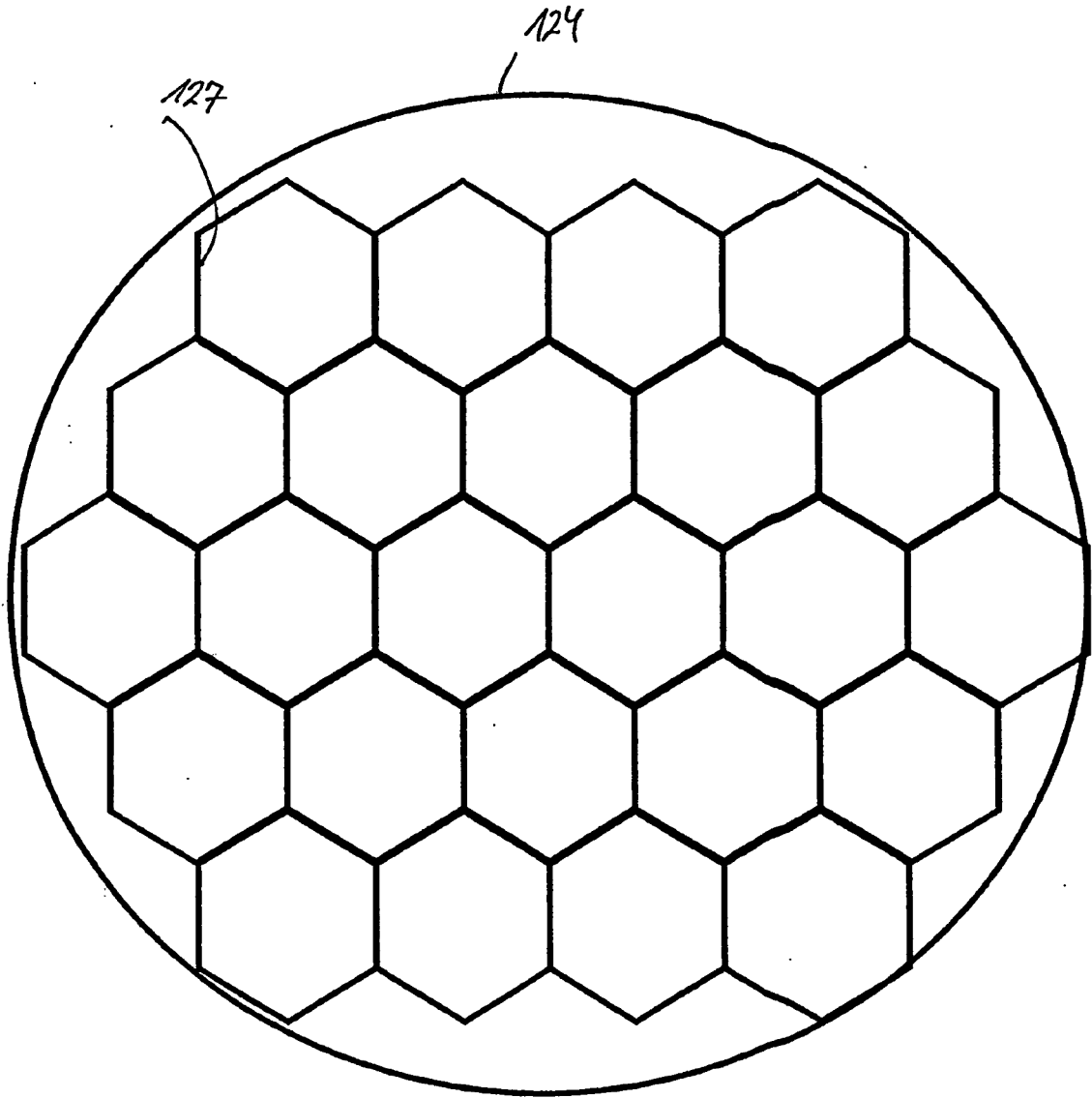


Fig. 6

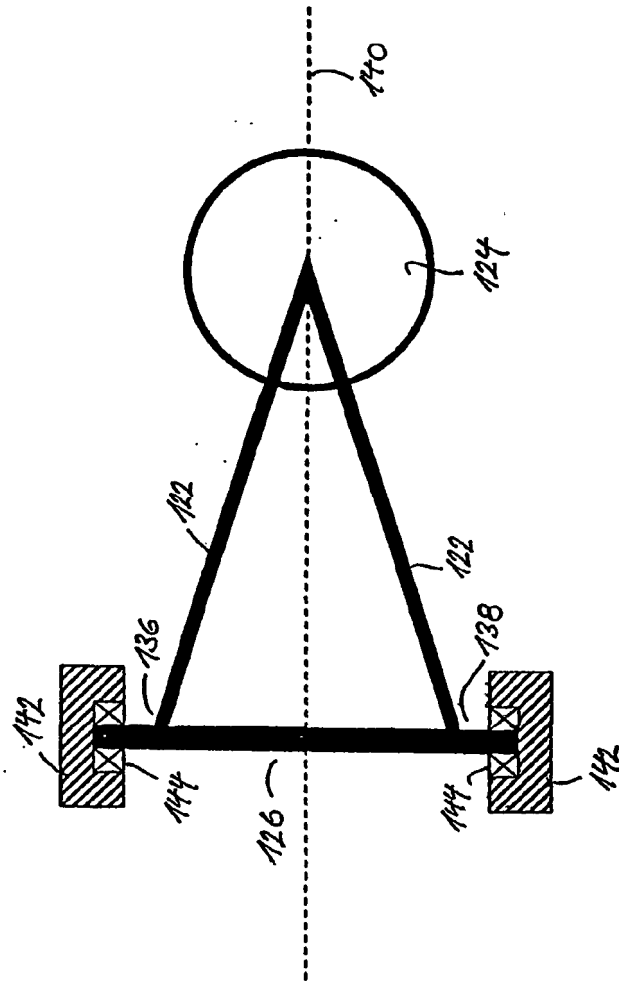


Fig. 7

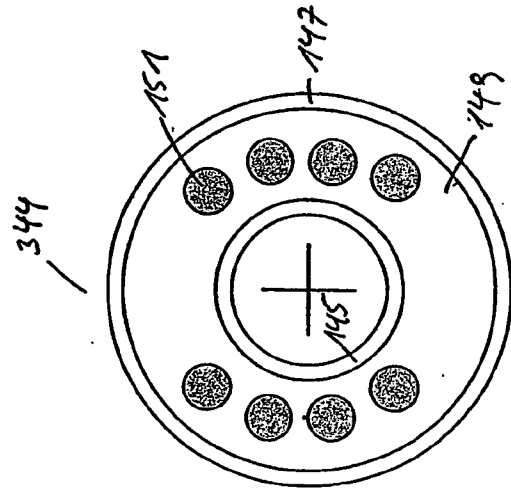


Fig. 9

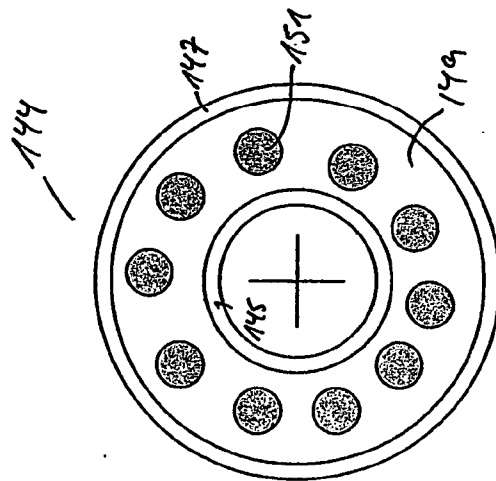


Fig. 8

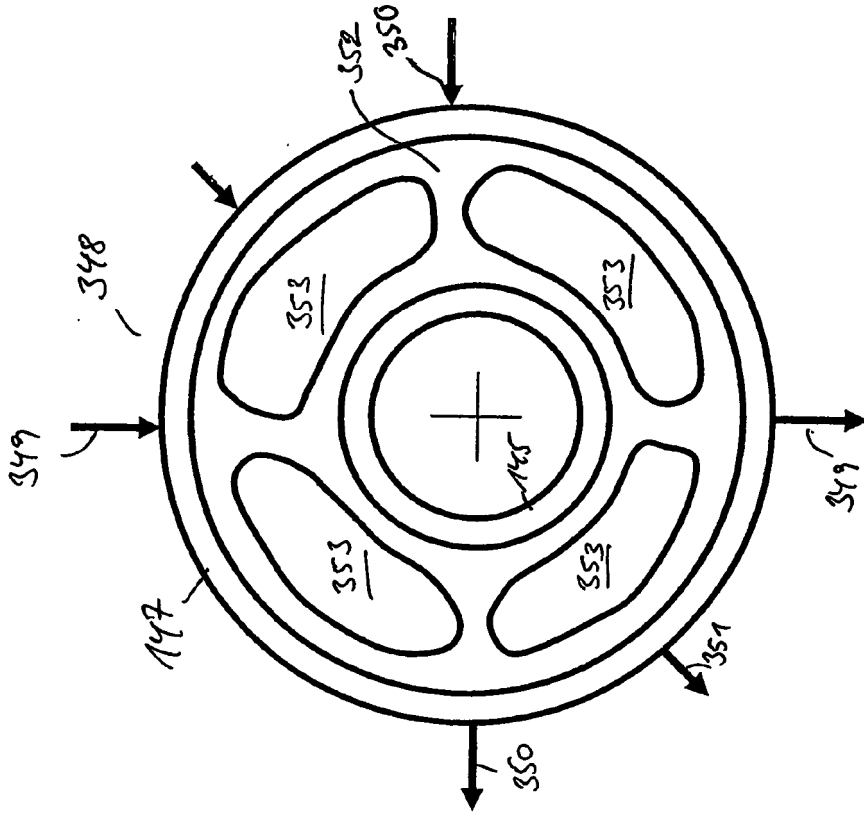


Fig. 11

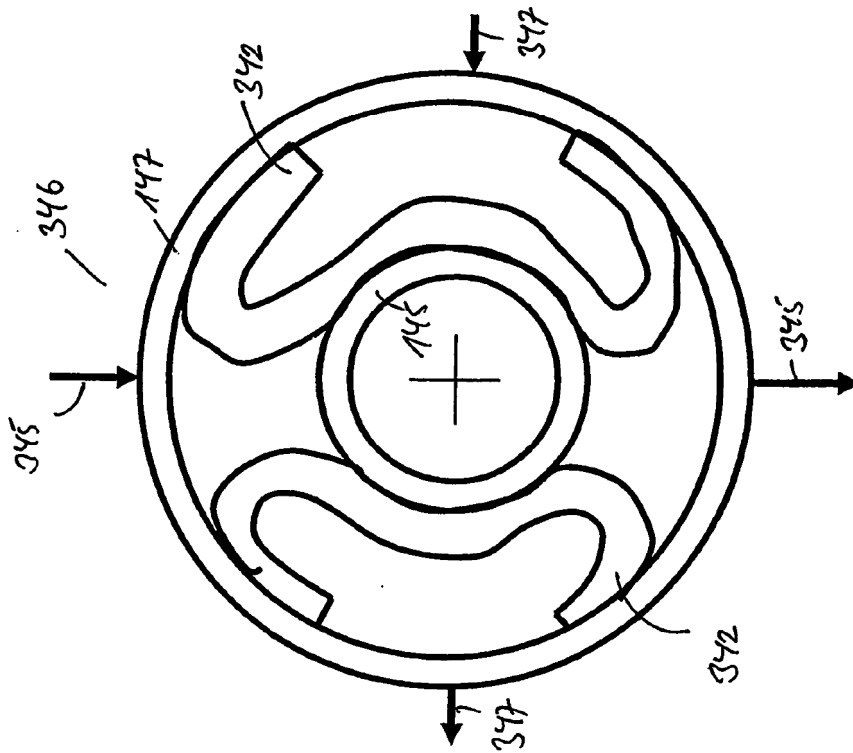


Fig. 10

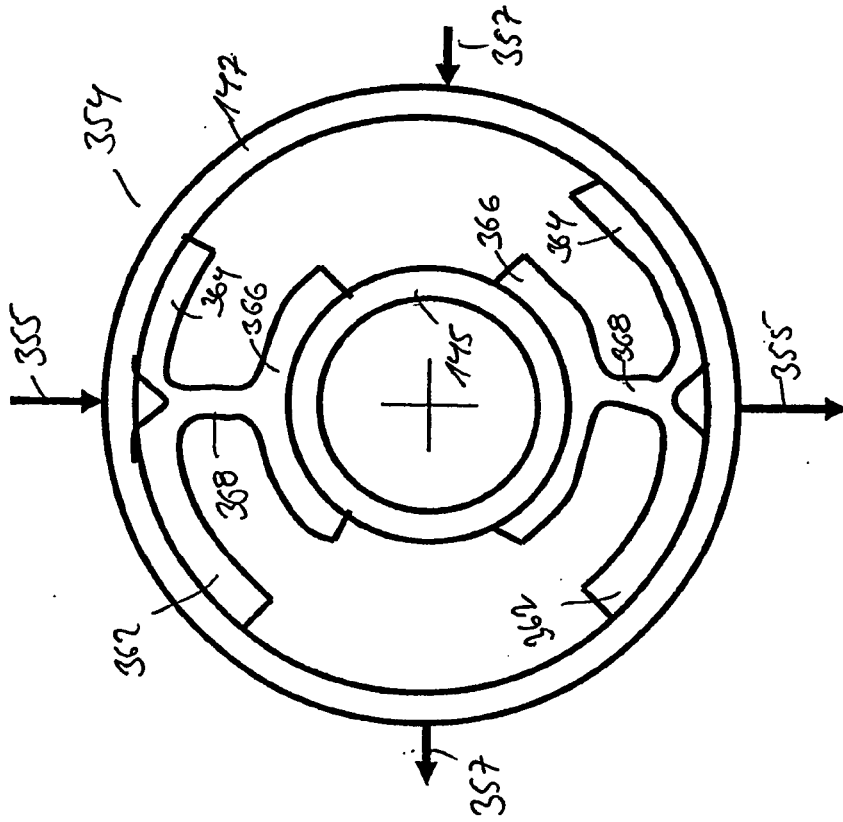


Fig. 12

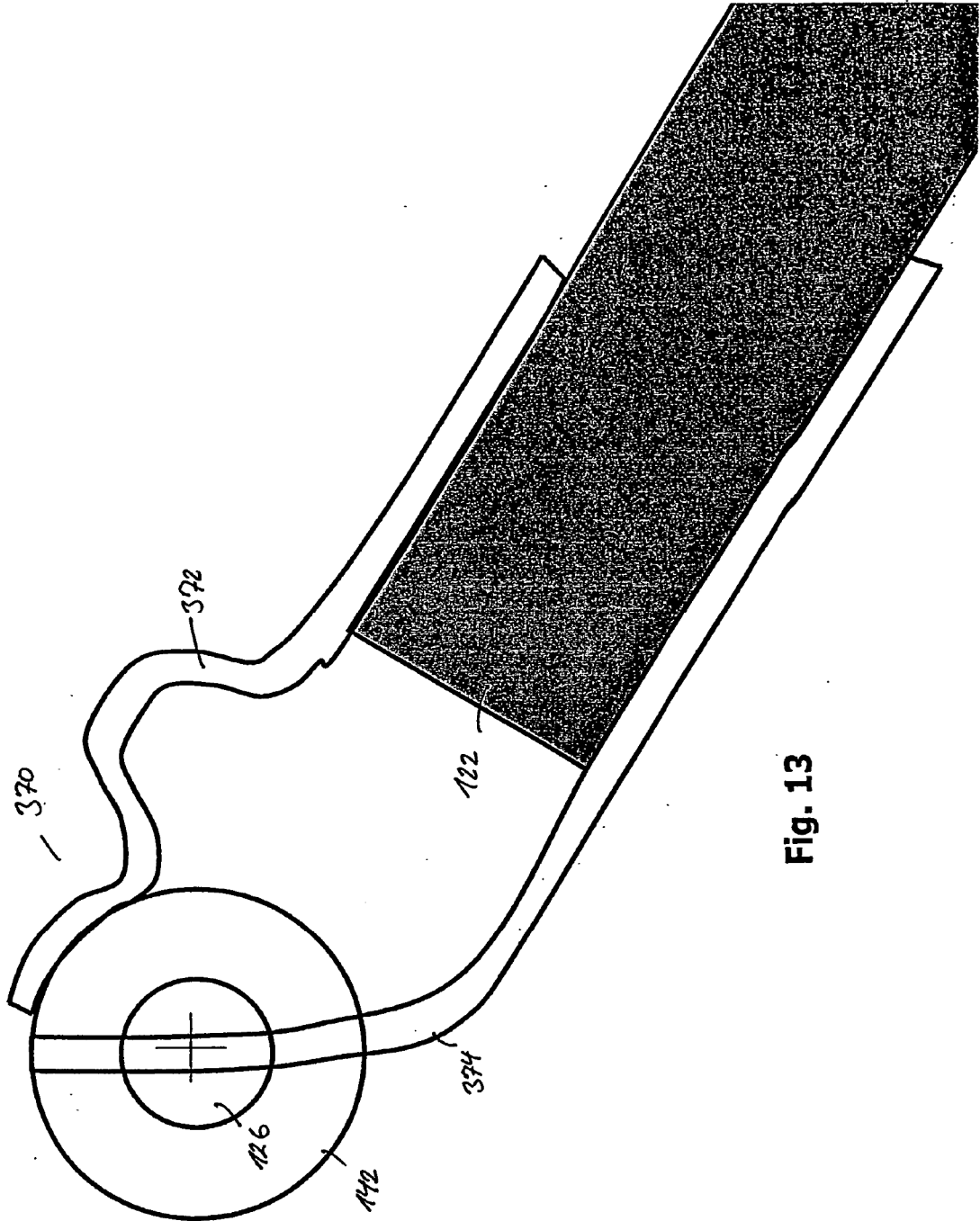


Fig. 13

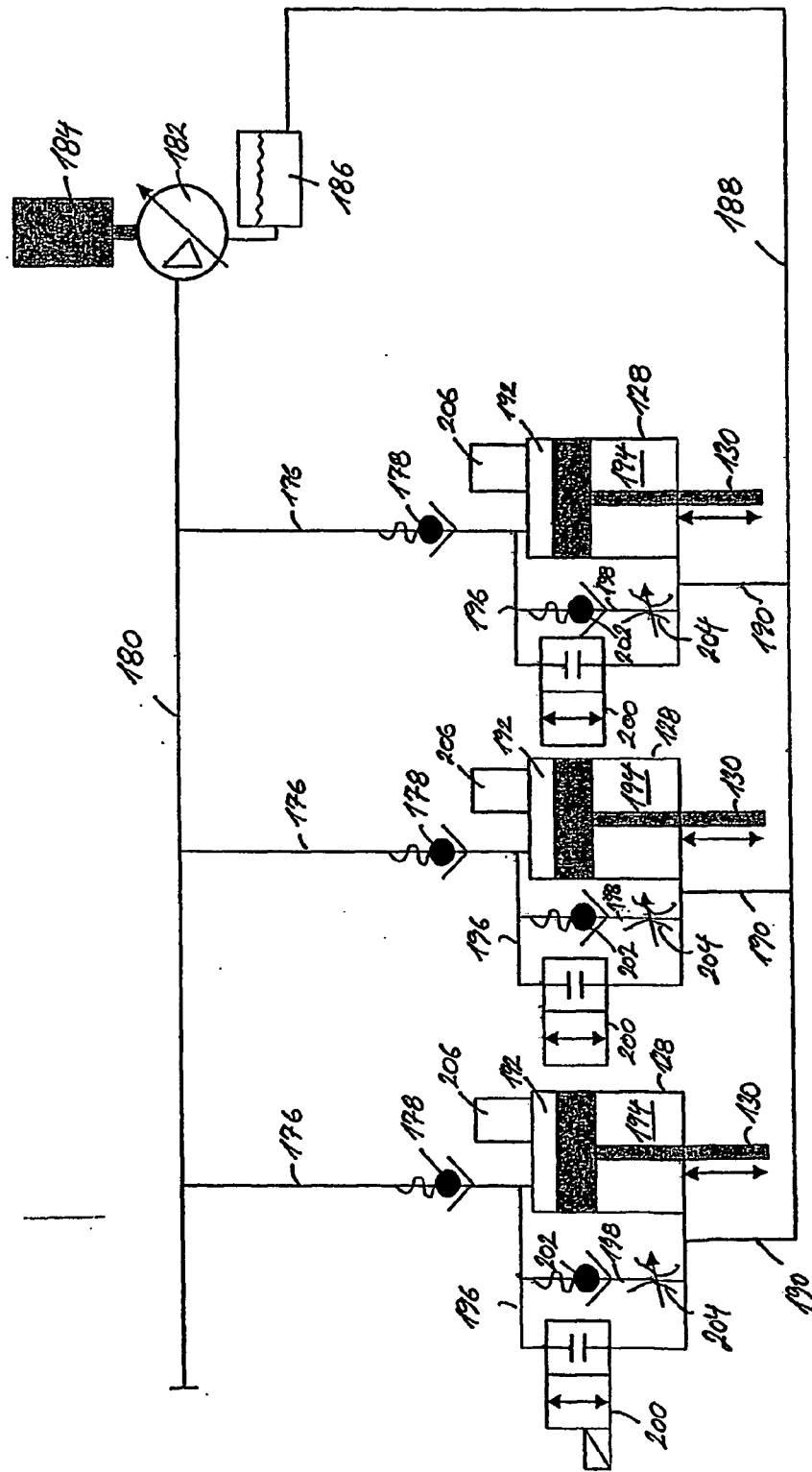


Fig. 14

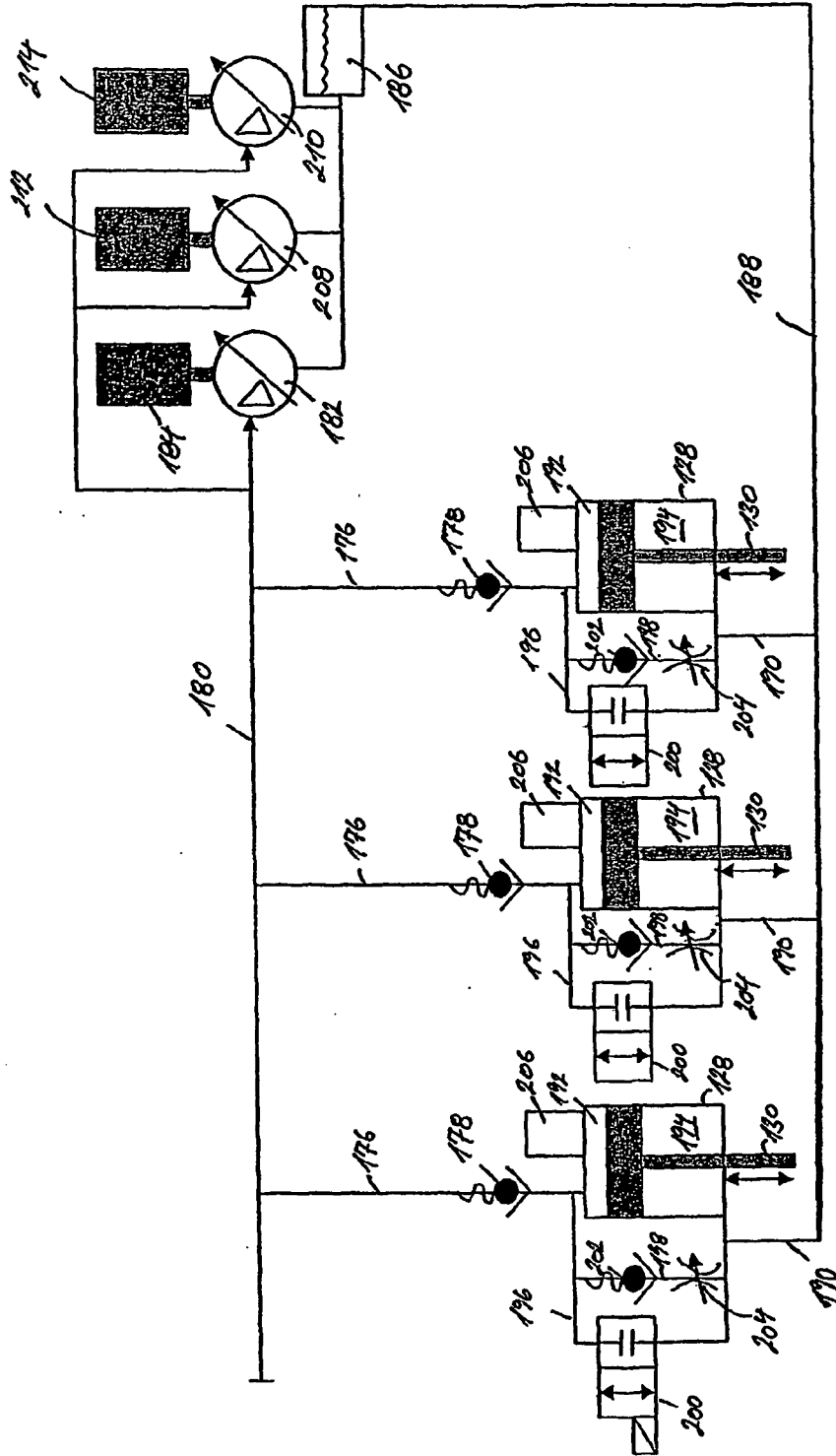


Fig. 15

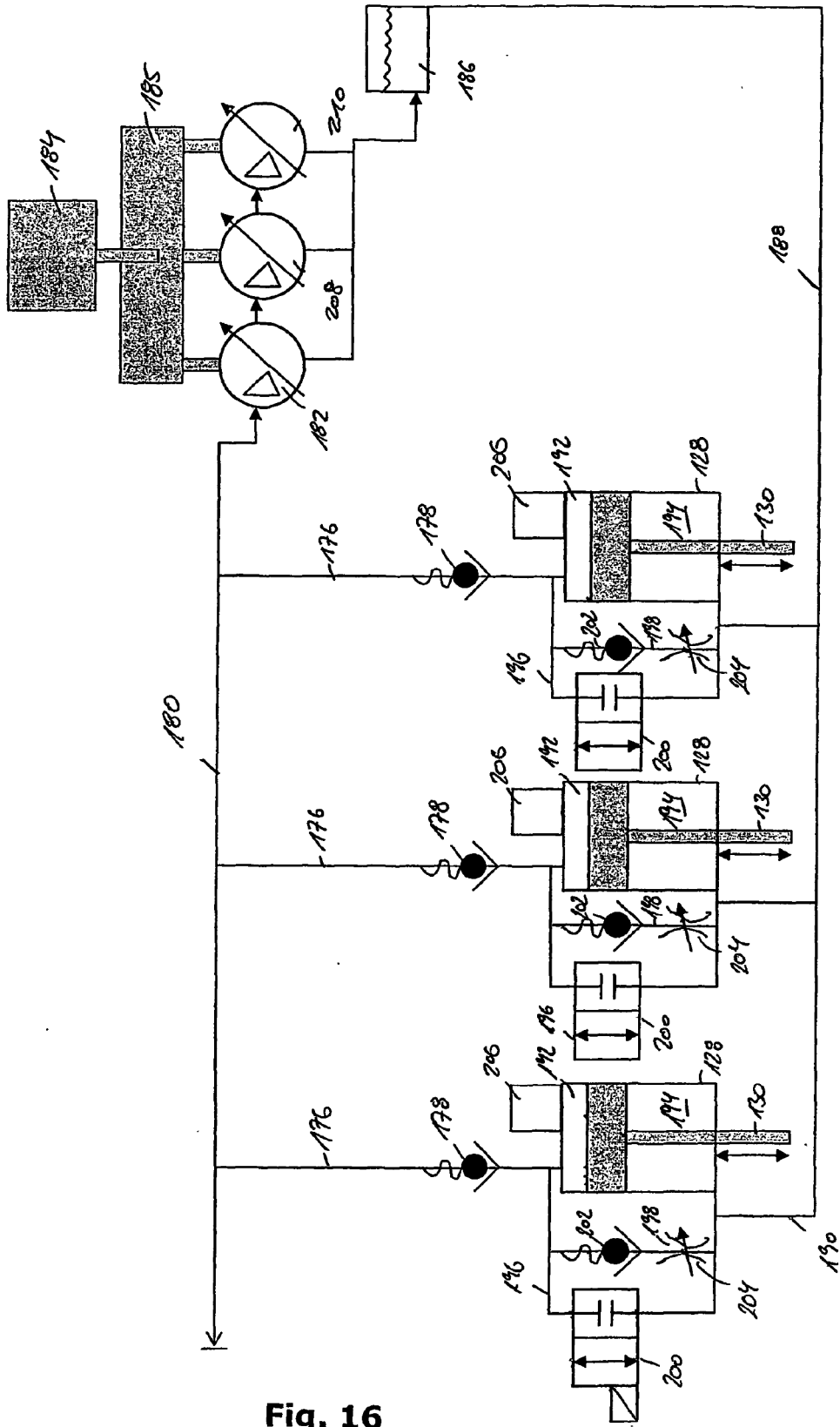


Fig. 16

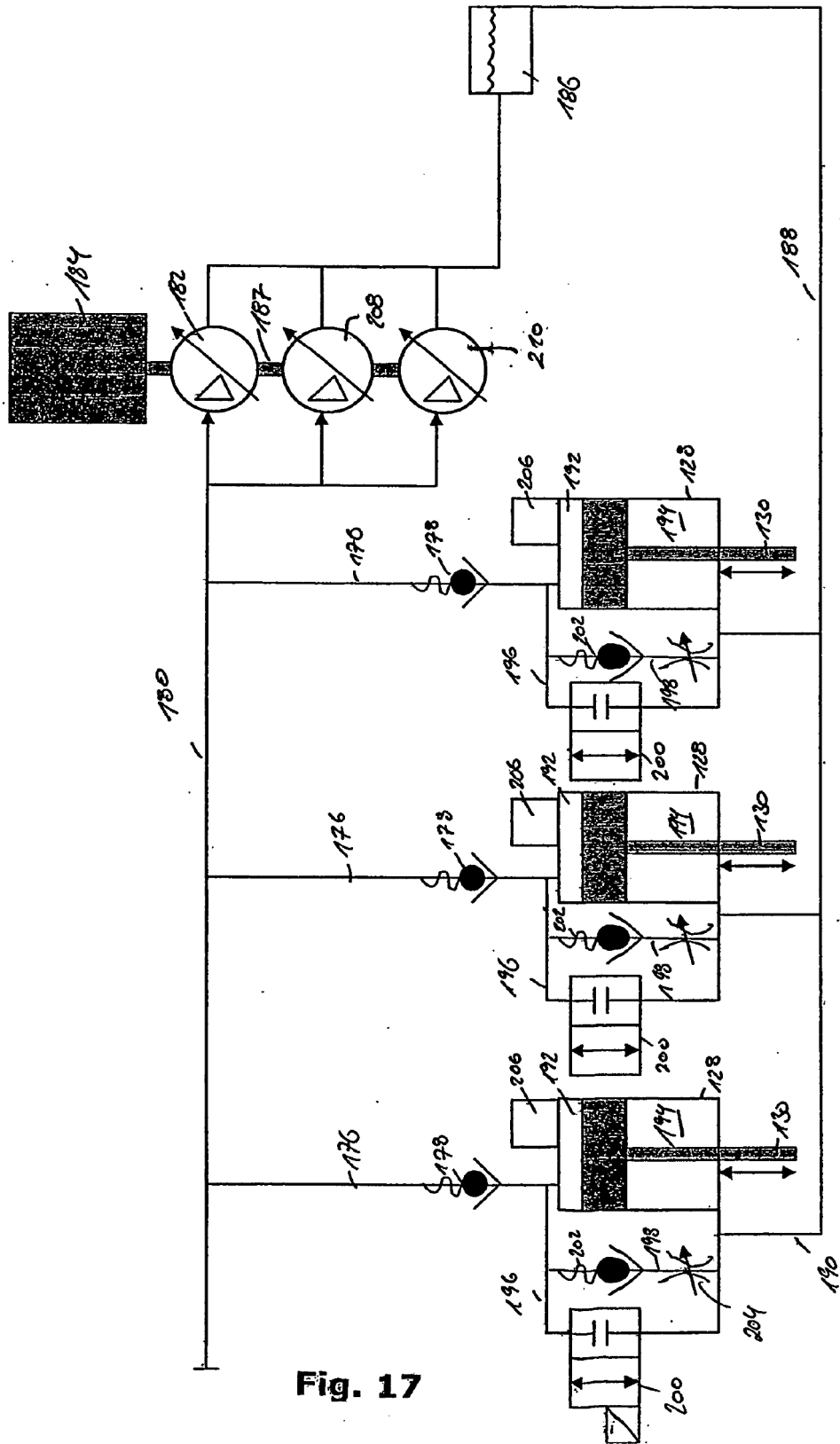


Fig. 17

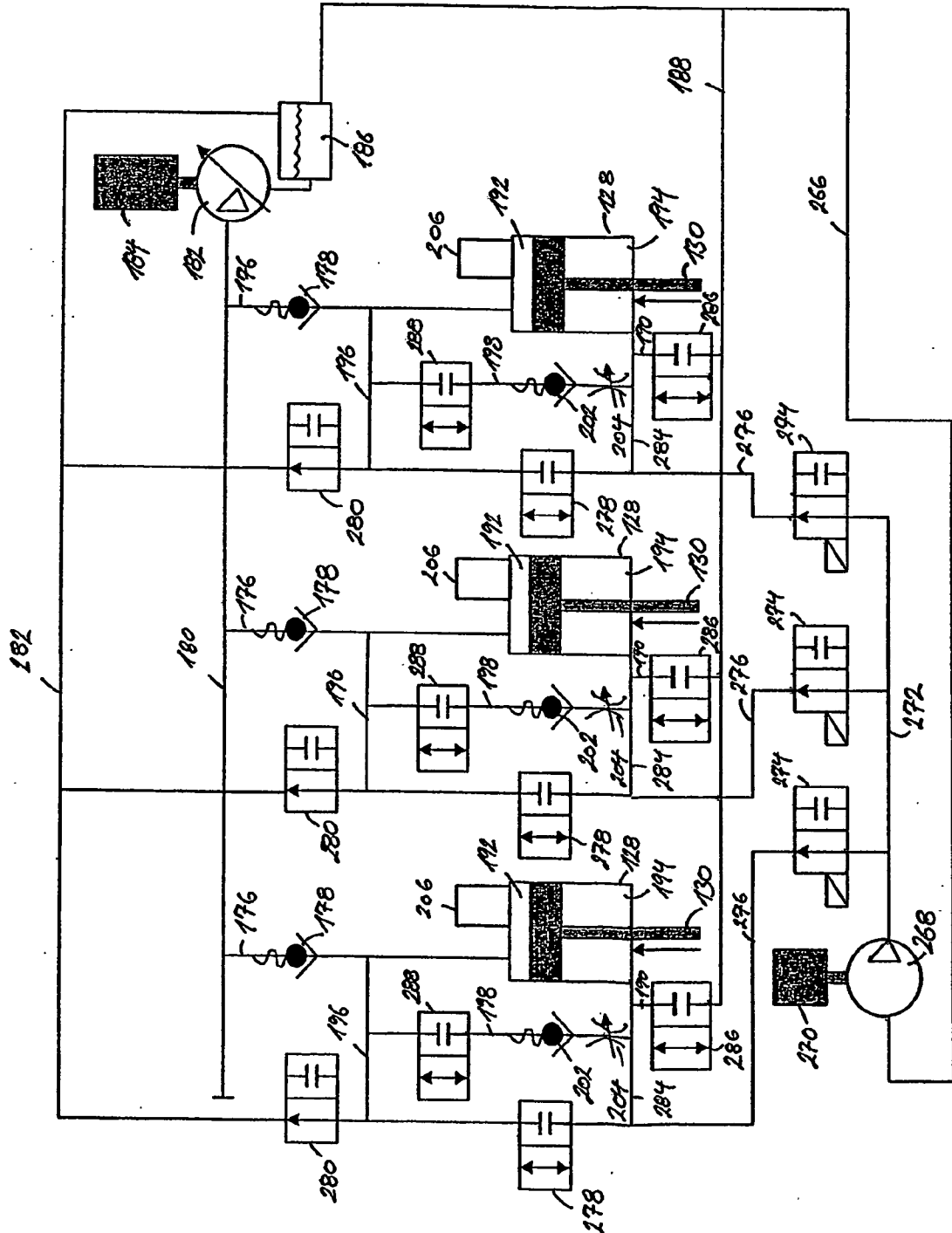


Fig. 18

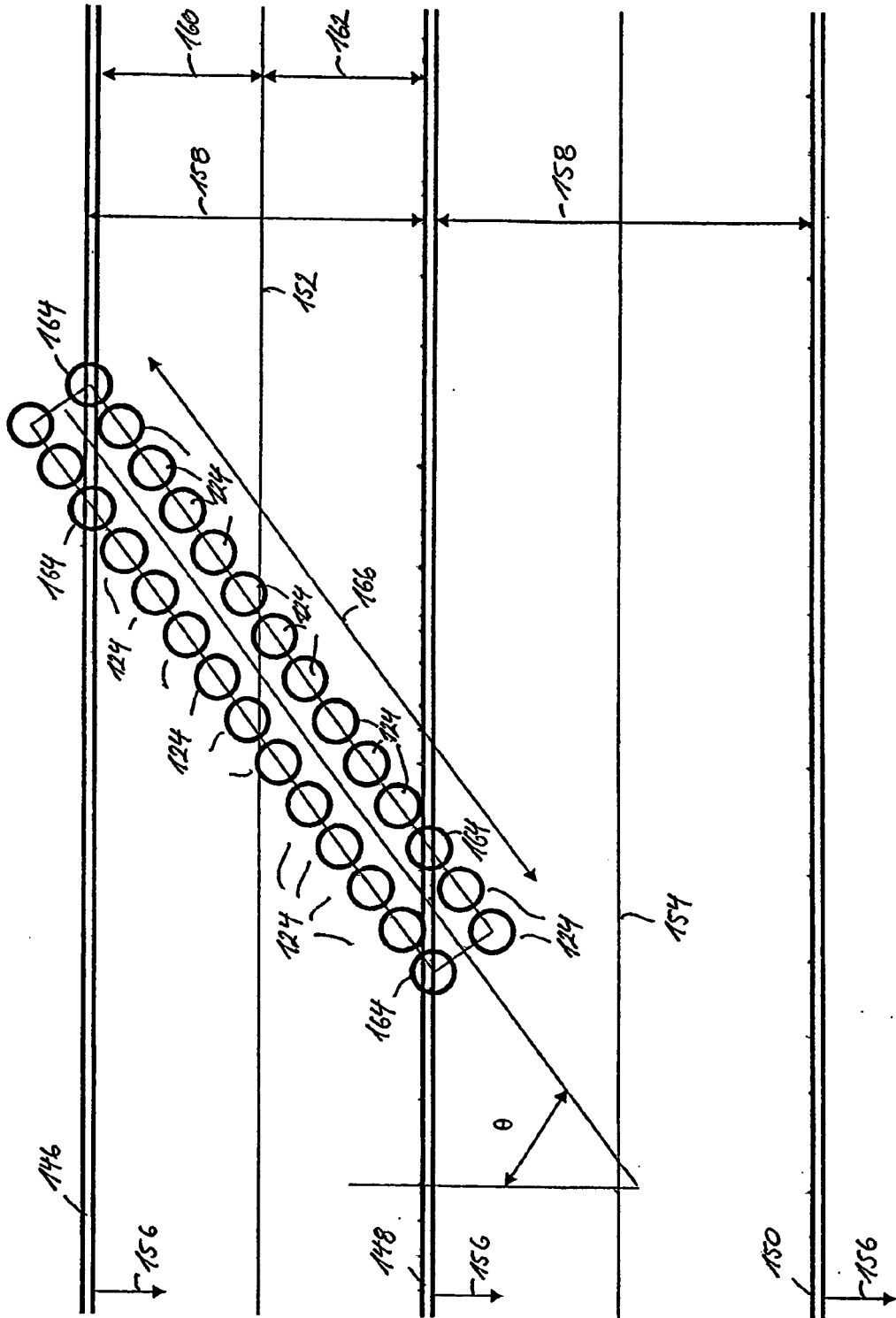


Fig. 19

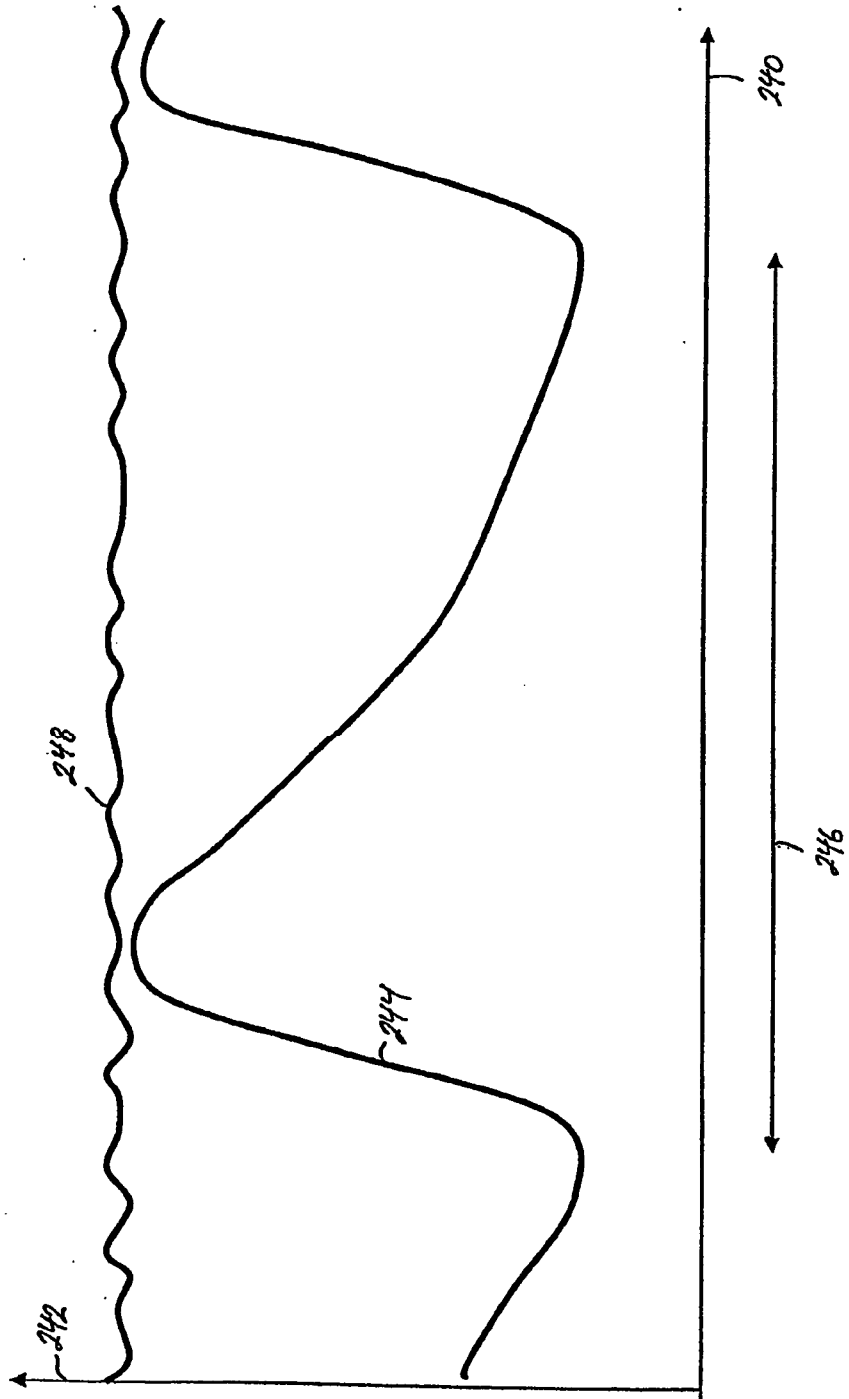


Fig. 20

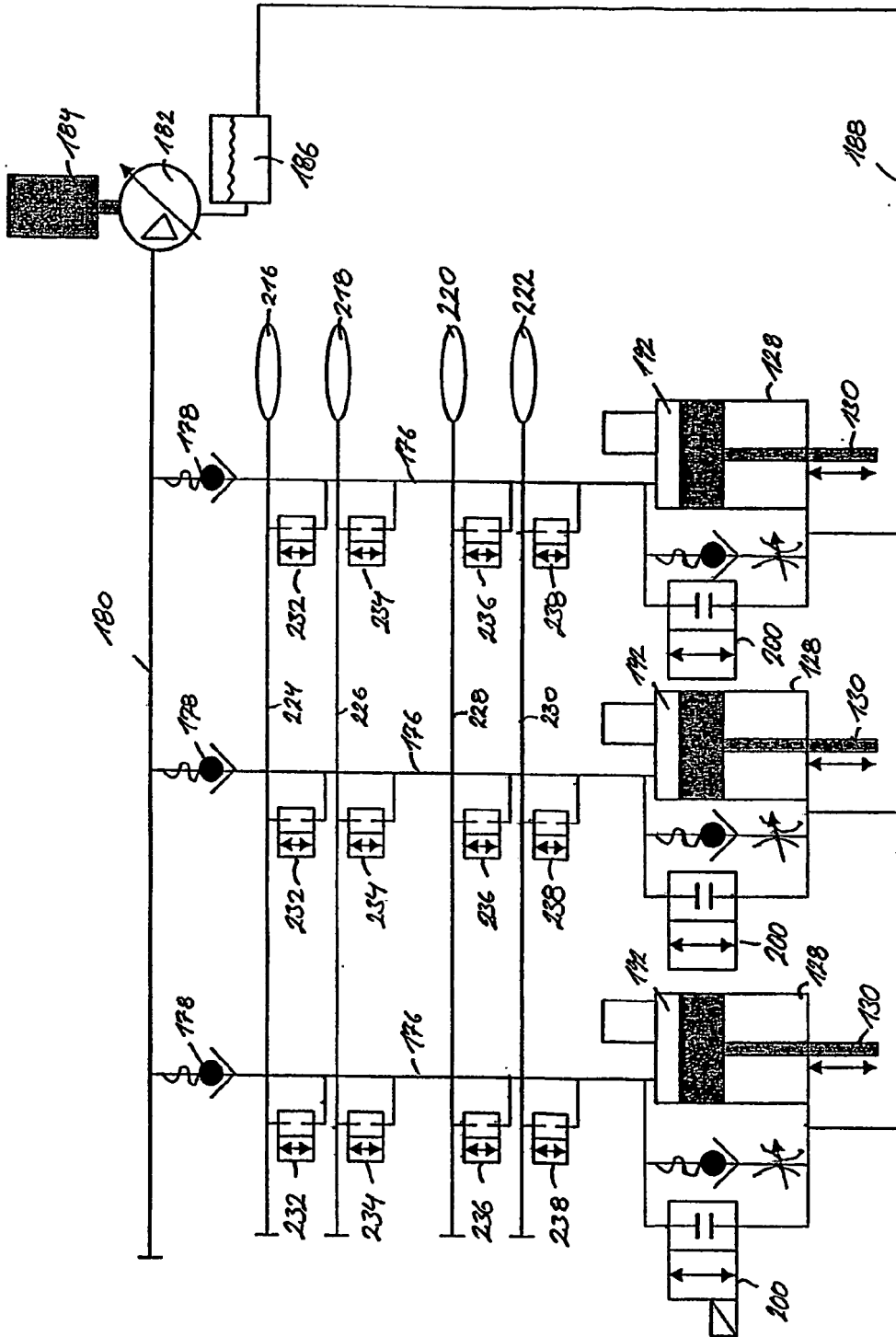


Fig. 22

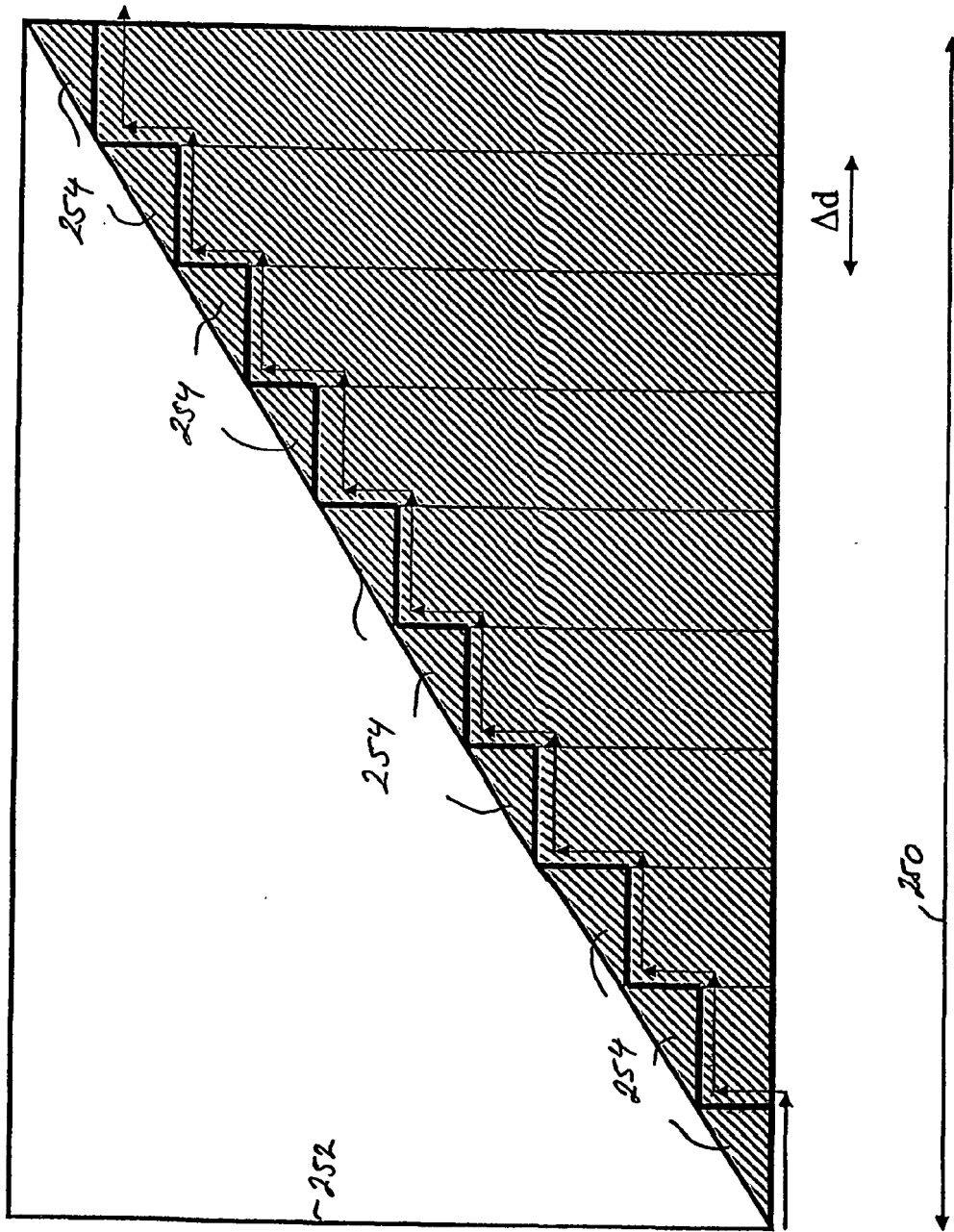


Fig. 23

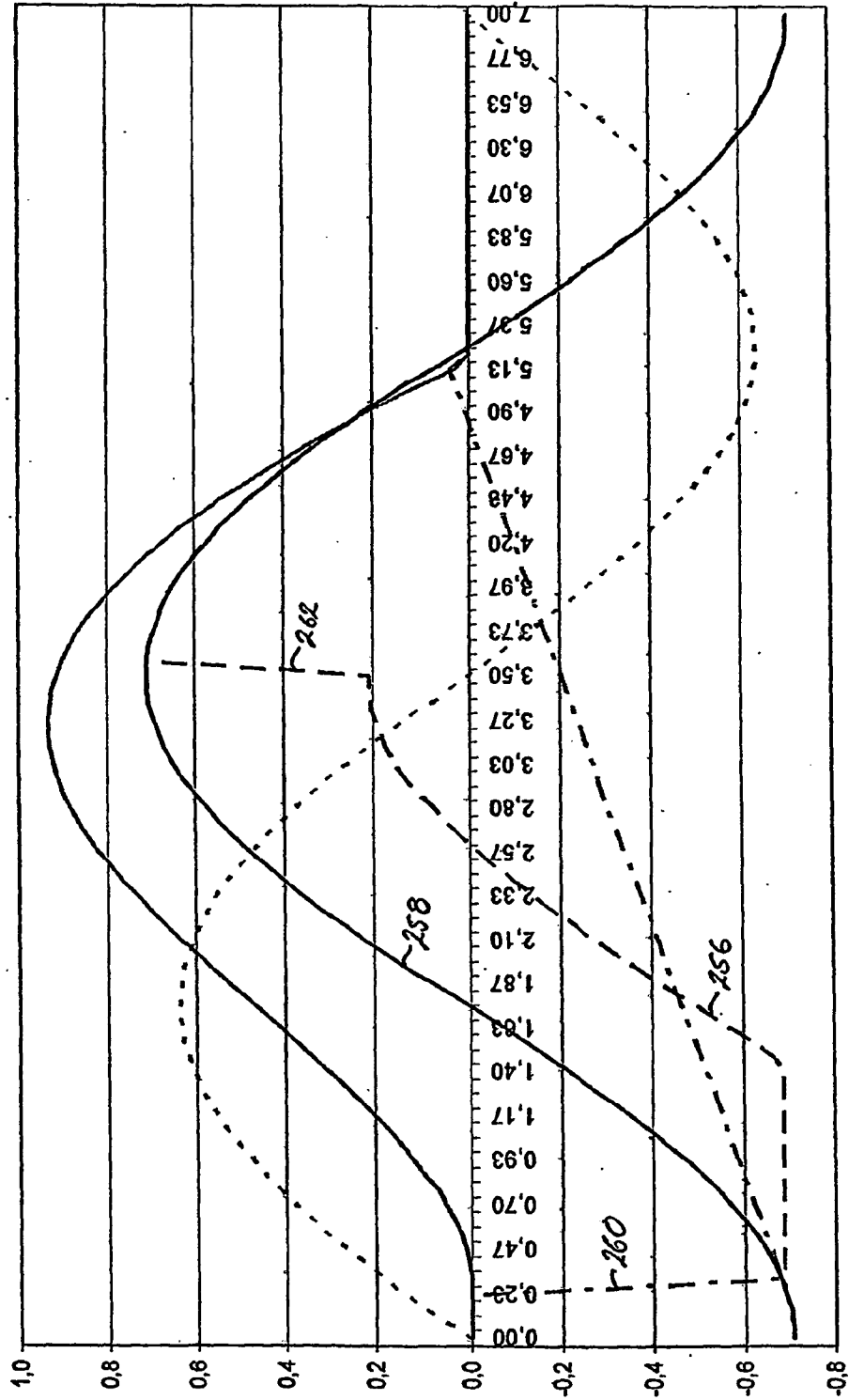


Fig. 24

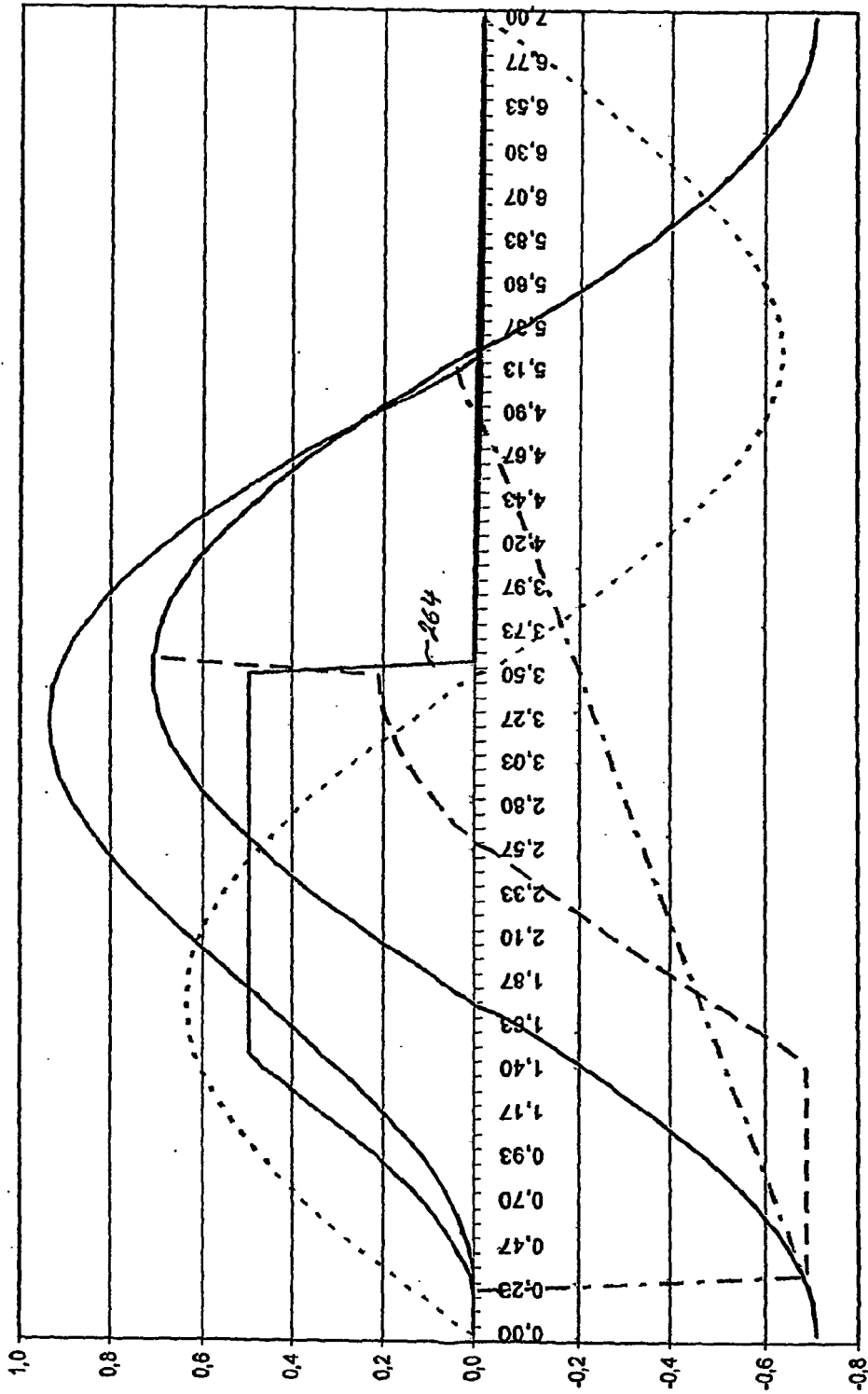


Fig. 25