

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 395 525**

(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 04762924 (1)**

(97) Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **12.07.2006 EP 1678419**

(54) Título: **Aparato de energía undimotriz**

(30) Prioridad:

14.10.2003 WO PCT/DK03/00693

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

13.02.2013

(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 2 395 525 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

Campo técnico

La presente invención versa acerca de un aparato de energía undimotriz para convertir la energía undimotriz del mar o del océano en energía útil, tal como electricidad. El aparato según la invención está diseñado específicamente para soportar condiciones extremas de olas marinas que se producen durante tempestades y huracanes.

Antecedentes de la invención

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

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 articulada similar a una cadena. Cada par de miembros cilíndricos adyacentes están conectados entre sí por medio de un miembro de acoplamiento, que permite un movimiento rotacional relativo de los miembros cilíndricos en torno a un eje transversal. Los miembros adyacentes de acoplamiento pueden permitir una rotación relativa en torno a ejes transversales mutuamente ortogonales. Cada miembro de acoplamiento está dotado de elementos, tales como un conjunto de pistones hidráulicos, que resisten y extraen energía del movimiento rotacional relativo de los miembros del cuerpo. El aparato flota libremente en la superficie del mar y está anclado al fondo del mar.

Un segundo tipo de aparato de energía undimotriz comprende uno o más flotadores de superficie capaces de moverse a lo largo de la superficie del mar bajo la acción de olas, y un miembro de referencia, que está completamente sumergido en el mar a una cierta profundidad, y que sustancialmente no se ve afectado por las olas, cf. 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.

Finalmente, un tercer tipo de aparato de energía undimotriz es uno que tiene uno o más brazos soportados por una estructura de soporte que tiene uno o más flotadores que las olas hacen que se muevan. La energía de olas en movimiento es transmitida a los brazos y puede ser transmitida a un sistema hidráulico, como en el sistema del documento US 4.013.382, o a un sistema mecánico de árboles que, por medio de un sistema de transmisión mecánica, accionan uno o más generadores eléctricos para la producción de electricidad, como en el sistema del documento WO 01/9644. En el documento WO 89/07197 se da a conocer otro sistema según la técnica anterior.

La presente invención versa, en general, acerca del tercer tipo de aparato de energía undimotriz mencionado anteriormente. Se ha descubierto que un problema general en tales sistemas es evitar que impactos extremos que se producen durante tempestades y huracanes dañen los flotadores, los brazos y otras partes de los aparatos de energía undimotriz. Por lo tanto, un objeto de las realizaciones preferentes de la presente invención es proporcionar un aparato de energía undimotriz, que es capaz de soportar condiciones extremas de olas del mar. Un objeto adicional de las realizaciones preferentes es proporcionar un aparato de energía undimotriz que pueda ser sacado de operación, de forma conveniente, por ejemplo, para evitar la formación de hielo sobre diversas partes del aparato durante su operación. Un objeto adicional más de las realizaciones preferentes de la invención es proporcionar un aparato, que permite un acceso conveniente de mantenimiento a los brazos y flotadores, más preferentemente para permitir un acceso de mantenimiento de brazos y flotadores individuales en sistemas que comprenden una pluralidad de brazos, cada uno dotado de un flotador.

Resumen de la invención

La presente invención proporciona en consecuencia un aparato de energía undimotriz que tiene las características de la reivindicación 1 y que comprende al menos un brazo, que está soportado de forma giratoria en un extremo por medio de un árbol, y que tiene 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 árbol, comprendiendo el aparato medios de conversión de energía para convertir energía transmitida por la ola a los brazos en energía eléctrica, estando caracterizado el aparato de energía undimotriz por un sistema hidráulico de elevación para elevar el flotador fuera del océano y para bloquear el flotador en una posición superior por encima de la superficie del océano.

Gracias al sistema hidráulico de elevación, el flotador puede ser sacado del océano y mantenido en una posición bloqueada por encima de la superficie del océano tras la incidencia, por ejemplo, de una tempestad o antes de la

5 incidencia de una helada. Por lo tanto, el único impacto sobre el flotador cuando está sacado del océano es el impacto del viento, cuyas fuerzas son significativamente menores que las fuerzas de las olas. En una realización, los brazos pueden ser elevados fuera del agua al generar una presión hidráulica en el sistema hidráulico de elevación, lo 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 elevación. El sistema hidráulico de elevación puede ser controlado desde una ubicación remota en tierra, 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 de un dispositivo electrónico para determinar continuamente la velocidad del viento. El sistema de control puede estar programado para sacar el flotador y el
 10 brazo del agua a una altura predeterminada de las olas. Por ejemplo, esta altura de las olas puede ser una cierta fracción, por ejemplo 30%, de la ola más grande prevista con referencia al sitio 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 del océano con una altura de las olas de aproximadamente 6 m. Se puede determinar la altura de las olas por medio de un sistema mecánico, óptico,
 15 electromagnético o acústico, por ejemplo, un sistema transductor de presión con un transductor de presión dispuesto en el fondo del mar, un sistema de sondeo por eco dispuesto en los flotadores, un sistema de sondeo por eco dispuesto en una estructura fija de soporte del aparato y apuntado 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 dispuesto sobre los flotadores y/o sobre la estructura fija de soporte, siendo
 20 tal luz, por ejemplo, luz láser. De forma alternativa, se puede proporcionar un sistema de radar en la estructura. La presión de un medio hidráulico en el sistema de elevación puede ser generada por una bomba que forma parte del sistema hidráulico de elevación. De forma alternativa, la presión puede ser generada al liberar el medio hidráulico presurizado de un acumulador hidráulico apropiado. El acumulador puede, por ejemplo, ser cargado por un sistema hidráulico impulsor que, en una realización de la invención, está comprendido en el medio de conversión de energía.
 25 Por ejemplo, el acumulador para suministrar la presión hidráulica de elevación puede ser un acumulador, o una pluralidad de acumuladores en una denominada batería de acumuladores, para obligar al flotador a entrar la ola en un valle de ola, como se describe con detalle a continuación.

30 El aparato comprende una pluralidad de brazos, cada uno dotado de un flotador. El sistema hidráulico de elevación está adaptado para elevar individualmente cada flotador fuera del océano. Por ejemplo, el sistema de elevación 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 un medio de válvula y/o de bomba para presurizar el circuito hidráulico para elevar el brazo y el flotador fuera del océano. En una realización, el sistema hidráulico de elevación 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 a un brazo. En realizaciones preferentes de la
 35 invención, el medio de conversión de energía y los brazos están dispuestos de forma que aquellos brazos, que son mantenidos en el océano, pueden suministrar energía al medio de conversión de energía, mientras que se mantienen elevados uno o más brazos distintos fuera del océano. Los dispositivos que tienen el medio de conversión de energía del documento WO 01/9264 pueden permitir una autorrotación, en torno a un árbol accionador del medio de conversión de energía, de los brazos que son elevados fuera del océano. Las realizaciones
 40 que dependen de un medio de conversión de energía hidráulica, en el que el movimiento de los brazos genera presión en el sistema hidráulico impulsor, pueden comprender un medio para sacar de operación aquellos medios de conversión de energía, por ejemplo aquellos accionadores hidráulicos, que están asociados con un brazo, que ha sido elevado fuera del océano. En una realización preferente en la actualidad, se puede elevar un brazo fuera del océano y bloquear en una posición elevada por el accionador del brazo, por ejemplo un cilindro de doble acción, que
 45 puede ser utilizado para elevar y bloquear el brazo.

50 Los medios de conversión de energía comprenden un accionador hidráulico asociado con cada brazo, introduciendo los accionadores hidráulicos un medio hidráulico en al menos un motor hidráulico por medio de conductos hidráulicos compartidos. En consecuencia, se puede conseguir una potencia de salida uniforme de los medios de conversión de energía. Este es el caso en particular en realizaciones de los aparatos que comprenden un gran número de brazos, de flotadores y de accionadores, por ejemplo 60, dado que la suma de los aportes de energía de los accionadores individuales es esencialmente constante con el paso del tiempo. Se pueden eliminar esencialmente posibles fluctuaciones de presión en el lado de presión del motor hidráulico por medio de un dispositivo de eliminación de picos que es conocido *per se*, estando dispuesto el dispositivo de eliminación de picos en comunicación de fluido con los conductos hidráulicos compartidos. Preferentemente, la suma de todas las aportaciones de energía es esencialmente constante con un cierto clima de oleaje, es decir, altura de las olas y frecuencia de las olas.

55 Las realizaciones preferentes de la presente invención también proporcionan una solución al problema de proporcionar un soporte rotacional estable del o de los brazos, que es menos vulnerable a 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 fuerza generados por las olas. Más específicamente, los cojinetes de las varillas de acoplamiento están constituidos por pasadores simples, y cualquier ligera holgura en tales cojinetes puede provocar un daño irreparable a las varillas de acoplamiento y su soporte. 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 olas. La estructura dada a conocer en el documento WO 01/02644 también adolece de la desventaja de que incluso la holgura más ligera en los cojinetes unidireccionales que soportan los balancines y que conectan los tubos de balancín y el árbol de fuerza puede dañar los cojinetes. Además, el aparato del documento WO 01/02644, en el que hay soportado un total de unos 40 balancines por un único árbol de fuerza, requiere un árbol de fuerza

- 5 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 árbol de fuerza. Las realizaciones preferentes del aparato según la presente invención proporcionan un soporte mejorado de los brazos que hace que el aparato sea menos vulnerable a componentes horizontales de fuerza. Por lo tanto, en una realización preferente, el aparato de la invención comprende un par de cojinetes precargados y esencialmente sin holgura. Por lo tanto, los cojinetes son capaces de contrarrestar de forma eficaz las fuerzas radiales y axiales y, por consiguiente, de soportar componentes horizontales de fuerza conferidos por las olas. Se debería entender que la expresión "cojinete sin holgura" comprende cualquier cojinete, que esté libre de holgura en una dirección horizontal y axial. Por ejemplo, el par de cojinetes puede comprender dos cojinetes cónicos siendo sus caras cónicas opuestas entre sí. En una realización, los cojinetes están lubricados a presión.

En otra realización preferente, el cojinete comprende un anillo o cilindro interno y uno externo, estando fijado el anillo interno a un árbol rotativo 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 rota con respecto al anillo externo, torsionando 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, por ejemplo, comprender un miembro de resorte, tal como un resorte plano. Mediante la colocación apropiada de la o las perforaciones o mediante un diseño apropiado del o de los miembros de resorte, el soporte de cojinete 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 de 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 cojinetes individuales, y está soportado por los mismos, se consigue un soporte giratorio estable 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 un componente horizontal de fuerza sobre el flotador.

- 25 30 Preferentemente, el brazo está soportado por los cojinetes en dos puntos de montaje que están desplazados de 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 cojinetes individuales, y está soportado por los mismos, se consigue un soporte giratorio estable 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 un componente horizontal de fuerza sobre el flotador.

35 40 45 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 previsto principalmente como una construcción marítima, la estabilidad es una preocupación fundamental debido a costes de mantenimiento en sitios en el mar. Normalmente, los costes de mantenimiento en sitios en el mar son, de media, 10 veces mayores que los costes de mantenimiento en sitios en tierra.

En el aparato según la invención, preferentemente se proporciona una pluralidad de brazos que están dispuestos 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 de rotación. Preferentemente, los brazos están dispuestos a distancias mutuas, de forma que en todo momento al menos dos de los brazos suministran simultáneamente un aporte de energía a los medios de conversión de energía. Preferentemente, el motor hidráulico es un motor hidráulico con un volumen variable de desplazamiento por revolución. Se pueden compensar los cambios en el clima de 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 frecuencias, las rpm del motor deberían ser controlables con una precisión de +/- 0,1-0,2%. En el caso en el que se aplica un distinto tipo de motor hidráulico o en el caso en el que no se controlan exactamente las rpm, se puede emplear un controlador de frecuencia para un ajuste preciso de la frecuencia de la corriente generada de CA.

50 55 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 entre 50-80 brazos, tal como entre 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 entre 50-300 m, tal como entre 50-200 m. En aguas protegidas, la longitud de onda de las olas es normalmente entre 5-50 m.

En realizaciones preferentes, el aparato abarca al menos dos longitudes de onda. Esto da lugar a 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 $2 \times \cos(60^\circ)$, 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 en estrella, en 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 forma con respecto al rumbo de las olas que la fila forma un ángulo de menos de +/- 60° con respecto al rumbo de las olas.

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 entre 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 de aproximadamente 1050 kg/m³. Normalmente, un flotador está fabricado de materiales de espuma de bajo peso 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

10 compuestos de fibra de vidrio y de fibra de carbono. De forma alternativa, se puede fabricar un flotador de una capa interlaminar de material de fibra reforzada, proporcionada espuma dura 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 de nido de abeja de materiales de fibra reforzada.

15 La eficacia también aumenta con un diámetro creciente 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 de flujo dinámico del flotador, puede tener una porción de borde redondeado, que actúa como un perfil hidrodinámico.

20 Los medios de conversión de energía comprenden un sistema hidráulico impulsor con un motor accionado hidráulicamente. Cada brazo está conectado al sistema hidráulico impulsor por medio de al menos un accionador que provoca que un medio hidráulico del sistema hidráulico impulsor sea desplazado al interior de un motor hidráulico, estando dispuestos el o los accionadores para desplazar el medio hidráulico al motor por medio de conductos hidráulicos. En el caso de varios brazos y varios accionadores, el medio hidráulico es desplazado hasta el motor por medio de conductos hidráulicos compartidos. En otras palabras, varios accionadores hidráulicos pueden 25 introducir medio hidráulico en un único motor hidráulico por medio de un sistema compartido de conductos hidráulicos. Más preferentemente, el medio hidráulico no es acumulado en un depósito hidráulico de almacenamiento para acumular medio hidráulico bajo presión, desde el cual se libera presión al motor. En consecuencia, los accionadores introducen medio hidráulico directamente en el motor hidráulico. Sin embargo, como 30 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 al interior de una ola cerca de un valle de ola. Como en las realizaciones preferentes, una pluralidad de accionadores transmiten simultáneamente energía al motor, no existe una necesidad de un depósito hidráulico de almacenamiento, dado que el motor podrá funcionar a una velocidad sustancialmente constante y con una entrada de energía sustancialmente constante gracias al suministro de energía en el sistema hidráulico compartido de una pluralidad de accionadores en un momento dado.

35 Se debería comprender que se puede prever más de un único motor hidráulico. Preferentemente, puede haber dispuestos dos, tres o más motores en paralelo al final del conductor hidráulico compartido. Por lo tanto, la energía suministrada a través del conductor hidráulico compartido puede accionar varios motores. Si, por ejemplo, el sistema hidráulico impulsor produce 4 MW, puede haber acoplados en paralelo ocho motores que suministren cada uno 500 kW en el conductor hidráulico compartido. Los motores pueden suministrar la misma potencia de salida nominal, o 40 pueden suministrar distintas potencias de salida nominales. Por ejemplo, un motor puede suministrar 400 kW, uno puede suministrar 500 kW, etc.

Todos los motores hidráulicos también pueden estar ligados a través del mismo árbol 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.

45 Para permitir que el sistema hidráulico obligue al o a los brazos y al o a los flotadores en cualquier dirección deseada, cada accionador 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 el flotador al interior de una ola cerca de un valle de ola como se explica con detalle a continuación en conexión con los acumuladores hidráulicos. Preferentemente, el sistema hidráulico de elevación comprende una o 50 más bombas para bombejar medio hidráulico dentro de los cilindros para elevarlos fuera del océano.

En realizaciones preferentes, el aparato comprende medios para obligar al o a los flotadores a entrar las olas en valles de ola, de forma que se aumenta la distancia vertical recorrida por el flotador para aumentar la potencia de salida en un ciclo de ola. Tales medios pueden, por ejemplo, comprender uno o más acumuladores hidráulicos para almacenar energía de forma intermitente en el sistema hidráulico impulsor. La energía almacenada en los acumuladores hidráulicos puede ser derivada de forma ventajosa de la liberación de energía potencial según se saca el flotador del agua en una cresta de ola. En otras palabras, según se mueve un flotador de 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, en el que se cargan 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 hidráulico impulsor puede ser controlable para liberar la energía almacenada en el o los acumuladores, cuando se hace pasar un flotador por un valle de ola, de forma que se impulsa el 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 al interior de la ola cerca de un valle de ola, y subsiguentemente se permite que el flotador se mueva hacia arriba en la ola, pero todavía sumergido en la ola, y en la cresta de la ola se libera el flotador, es decir, se permite que se mueva hasta 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, energía que es almacenada para impulsar el flotador al interior de la ola. En consecuencia, no se pierde la energía potencial liberada según se mueve el flotador fuera del agua cerca de la cresta de la ola. Al contrario, se utiliza para impulsar el flotador al interior de la ola en el valle de ola, por lo que se aumenta la distancia vertical total recorrida por el flotador. Por consiguiente, se aumenta la potencia de salida de un ciclo de ola. 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 potencia de salida. La energía utilizada para impulsar el flotador al interior de la ola en el valle de ola no causa esencialmente ninguna pérdida en el sistema impulsor, dado que se proporciona la energía mediante la liberación del flotador en la cresta de la ola.

Para permitir un control preciso del sistema, se puede dotar a cada cilindro, o al menos a unos seleccionados de los cilindros, de un sensor para determinar una posición y/o una tasa de movimiento del pistón del cilindro, estando dispuesto el sensor para transmitir una señal a una unidad de control de los cilindros y válvulas asociadas, de forma que la transmisión de energía de los cilindros individuales a las partes restantes del sistema hidráulico impulsor es individualmente controlable en respuesta a la señal que representa la posición y/o la tasa de movimiento del pistón del cilindro individual. Por lo tanto, los cilindros pueden ser individualmente controlables, y se puede sacar de operación a un cilindro, por ejemplo, para un mantenimiento, mientras que se mantienen operativos los cilindros restantes, de forma que la totalidad del sistema no se verá afectada esencialmente mediante la retirada de un único cilindro. Preferentemente, el sensor también es utilizado para controlar el hundimiento del flotador en el agua, es decir, para controlar una 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 monitorizar la potencia de salida de cada accionador individual en el sistema hidráulico impulsor, de forma que se puede optimizar la potencia de salida de los accionadores individuales y todo el aparato como tal.

Mientras que algunos sistemas de la técnica anterior dependen de miembros sumergidos de referencia para soportar aquellos medios que convierten la energía undimotriz del mar en energía útil o de soportes en tierra, 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 medio de una cimentación por gravedad, o fijada a un fondo rocoso del mar con resaltes. De forma ventajosa, la estructura de soporte puede comprender una estructura de refuerzo, estando dispuesto el ancla de succión en un primer punto nodal de la estructura. Al menos un brazo y, preferentemente, todos los brazos del aparato 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 para fijar están embebidos al menos parcialmente en el fondo del mar, por ejemplo, por cimentación por gravedad o un ancla de succión. Dado que los medios para fijar están dispuestos en puntos nodales de la estructura de refuerzo, se pueden contrarrestar de forma eficaz las fuerzas verticales en la estructura de refuerzo causadas por la flotabilidad de los flotadores. Una estructura de refuerzo como se ha descrito anteriormente garantiza un grado máximo de estabilidad del sistema mientras que se permite un peso total reducido de la estructura de soporte.

50 Breve descripción de los dibujos

Se describirán ahora 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 de refuerzo de una realización del aparato de energía undimotriz según la presente invención;

la Fig. 6 ilustra una estructura de nido de abeja 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 impulsor hidráulico de una realización de un aparato según la invención;

la Fig. 18 muestra un esquema de un sistema hidráulico de elevación para elevar los flotadores fuera del océano;

5 la Fig. 19 ilustra un aparato de energía undimotriz con un conjunto de flotadores que se extiende a través de dos crestas de ola;

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

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

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

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

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

Descripción detallada de los dibujos

15 Las Figuras 1 y 2 muestran un corte transversal de un aparato 102 de energía undimotriz que comprende una estructura 104 de refuerzo que puede ser, por ejemplo, una estructura denominada de espacio de refuerzo. La estructura de refuerzo, que también está ilustrada en las Figuras 3-5, comprende una parte inferior esencialmente triangular con miembros de fuerza primero, segundo y tercero 106, 108, 110, y una parte superior esencialmente rectangular 111. 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 parte superior rectangular puede ser utilizada para acomodar equipos hidráulicos y eléctricos, incluyendo el sistema hidráulico de impulso y de elevación, y puede ser utilizada, además, como un pasillo o pasarela para personal de mantenimiento. La estructura de refuerzo define puntos nodales primer, segundo, tercero, cuarto, quinto y sexto 112, 114, 116, 117, 118 y 120. Preferentemente, los miembros de fuerza son esencialmente rígidos, de forma que pueden soportar tracción y compresión. Los puntos nodales primero y segundo 112, 114 se proporcionan 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 tienen 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 en cualquier lado de la estructura. Se debería comprender que la estructura de refuerzo de las Figuras 3-5 puede tener una extensión más ancha de lo que se muestra en realidad en las Figuras 3-5, de forma que comprende, 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. Puede haber ubicada una pluralidad de estructuras de refuerzo como las de las Figuras 3-5, tales como tres, seis o más estructuras de refuerzo, en una disposición de estrella, en 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.

40 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 están por encima de la superficie del mar cuando las olas son altas bajo condiciones de tempestad. Por ejemplo, se pueden proporcionar los puntos nodales 116, 117, 118 y 120 veinte metros por encima de la superficie del mar cuando el mar está tranquilo. Para transformar la energía undimotriz 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 árbol 126. Los brazos están adaptados para girar en torno a los árboles 126. Cada brazo 122 está fijado a un accionador 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 se mueven hacia arriba y hacia abajo los brazos, se mueve el pistón 130, y de esta manera 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.

45 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 llevados los brazos hasta sus posiciones elevadas por medio de los cilindros 128. De ese modo, es posible proteger a los brazos 122 y los flotadores 124 durante una tempestad o cuando las temperaturas ambientales cerca de la temperatura de

congelación, o por debajo de la misma, del agua del océano del riesgo de que se forme hielo sobre los flotadores. Los cilindros hidráulicos 128 están conectados a un sistema hidráulico de elevación para bloquear el cilindro hidráulico en la posición elevada, siendo expuesto el sistema hidráulico de elevación 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 se elevan los brazos durante una tempestad, 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 eólicas sobre el aparato.

Como se muestra en las Figuras 3-5, la estructura 104 de refuerzo puede incluir miembros diagonales 113, 115 de fuerza (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 de forma longitudinal, tal como un depósito 123 de agua (Fig. 4), o por una pluralidad de pesos distintos, tales como depósitos 125 de agua (Fig. 5).

La Fig. 6 muestra una estructura de un flotador esencialmente hueco 124 que comprende una estructura 127 de nido de abeja, que soporta las paredes externas 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 árbol 126. El brazo está conectado al árbol en puntos primero y segundo 136, 138 de fijación que están desplazados del eje central 140 del brazo. El árbol 126 está soportado de forma giratoria por medio de una estructura fijada 142 de soporte que comprende dos cojinetes 144 dispuestos para contrarrestar fuerzas radiales y axiales.

Para proporcionar un soporte de cojinete 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 las Figuras 8-13 pueden estar incorporados como un cojinete 144 en la estructura de cojinetes ilustrada en la Fig. 7 y son particularmente adecuados para soportar un árbol, la amplitud rotacional del cual es 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 el brazo haya de ser pivotado hasta la posición fijada de la Fig. 2, la fijación del anillo externo 147 puede ser aflojada, de forma que se permite una mayor amplitud rotacional, por ejemplo ±40 grados. Los cojinetes de rodillo o de bolas tradicionales tienen una vida útil breve a tales amplitudes rotacionales pequeñas, dado que su medio de lubricación normalmente solo cumple su fin hasta el grado deseado con una rotación continua a una mayor velocidad de rotación que la otorgada por los brazos 122. El cojinete de la Fig. 8 incluye un anillo o cilindro interno 145 y un anillo o cilindro externo 147, entre los cuales se proporciona una sustancia flexible 149, por ejemplo un material de caucho. El anillo interno 145 está fijado al árbol giratorio, y el anillo externo 147 está fijado al soporte estacionario del árbol. Gracias a la elasticidad de la sustancia flexible 149, el anillo interno puede girar con respecto al anillo externo, de forma que se permite que el árbol soportado gire con respecto a su soporte. Dado que el anillo externo 147 está soportado por una estructura fija, o ajustado en la misma, por ejemplo, ajustado por apriete a lo largo de su periferia externa, se proporciona un soporte axial y radial del árbol. Se puede ajustar la rigidez de la sustancia flexible 149 al proporcionar cavidades 151, tales como orificios o perforaciones, en el material. Se puede aumentar la máxima carga 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 del rebaje 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 fuerzas del cojinete en una dirección.

En las Figuras 10, 11 y 12 se muestran, respectivamente, cojinetes ondulados similares 346, 348 y 354. Estos cojinetes comprenden anillos interno y externo 145, 147, habiendo interpuesto uno o más resortes planos entre los anillos. En la Fig. 10, se proporcionan dos resortes planos 342, cada uno de los cuales crea la forma del número 3. Las flechas 345 y 347 indican que la capacidad de soporte de fuerzas 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 fuerzas del cojinete es mayor en las direcciones vertical y horizontal que en las direcciones no horizontal y no vertical (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 e interna 364 y 366, así como 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 fuerzas 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. Los resortes planos 342, 352 y 362 pueden estar fabricados, asimismo, de acero o de materiales de fibra de carbono.

5 También se pueden utilizar los principios de los cojinetes de las Figuras 8-12 para proporcionar un soporte para los cilindros hidráulicos 128.

La Fig. 13 muestra un soporte de cojinete 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.

10 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 comprende, normalmente, un mayor 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 desemboca en un motor hidráulico 182 con un desplazamiento variable de volumen 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 comuta entre su estado abierto y cerrado. El motor hidráulico acciona un generador eléctrico 184, y en la salida del motor hidráulico, el medio hidráulico es conducido a un depósito 186. Desde el depósito 186, el medio hidráulico fluye de nuevo a los cilindros 128 por medio de un conducto común 188 de retorno y de conductos ramificados 190 de retorno.

25 En cada uno de los cilindros 128, el pistón 130 divide el cilindro en las 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 de flujo en serie. Finalmente, cada cilindro está dotado de un elemento 206 de control para determinar la posición y/o la tasa de movimiento del pistón 130 del cilindro 128.

30 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 tasa de movimiento y/o una posición del pistón 130, se pasa una señal de control a la válvula 200 lo que provoca que se cierre la válvula 200. Según se cierra la válvula 178 de impulsión, el pistón 130 será bloqueado mientras que la ola continúa aumentando 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 35 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, el medio hidráulico es introducido en el motor 182. Cuando el flotador pasa la cresta de la ola, el flotador sigue estando sumergido, pero la presión en la parte superior 192 del cilindro 128 cae, y se cierra la válvula 178 de impulsión. Subsiguientemente, la válvula bidireccional 200 se abre, 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 hacia abajo en la 40 ola desde la cresta de la ola hasta el valle de la ola.

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

45 La anterior descripción de la Fig. 14 también se aplica 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 de generadores. Por ejemplo, se pueden proporcionar 5, 10 o 20 motores y generadores. Se puede escoger la capacidad de los motores hidráulicos y sus generadores eléctricos correspondientes de forma que se hace posible generar distintos niveles de energía. En un ejemplo, los tres generadores pueden 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 sitios en los que la energía undimotriz 50 es sustancialmente constante en el tiempo, se puede escoger que la capacidad de cada uno de los generadores y sus motores hidráulicos correspondientes esté en el nivel más elevado posible para reducir el número total de motores hidráulicos y generadores. En sitios en los que con una fluctuación elevada de la altura de las olas y de frecuencias de las olas, se puede escoger la capacidad de los generadores de un principio binario, por ejemplo, 1

MW, 2 MW y 4 MW. Al escoger los generadores de 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)	Rendimiento total [MW]
Activado	Desactivado	Desactivado	1
Desactivado	Activado	Desactivado	2
Activado	Activado	Desactivado	3
Desactivado	Desactivado	Activado	4
Activado	Desactivado	Activado	5
Activado	Activado	Activado	6

5 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, un borde dentado 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 árbol pasante común 187.

10 La Fig. 18 ilustra un sistema hidráulico de elevación para elevar 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 hidráulico impulsor similar al sistema impulsor descrito anteriormente en conexión con las Figuras 14-17. En la medida en que se incorporan los mismos elementos, o similares, en el sistema impulsor mostrado en la Fig. 18 como los mostrados en las Figuras 14-17, se utilizan los números de referencia de la Fig. 6 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 15 funcionalidad. El sistema hidráulico de elevación de la Fig. 18 está adaptado para elevar individualmente uno o más flotadores 124 fuera del agua y para desacoplar los cilindros de los flotadores elevados del sistema hidráulico impulsor. 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 a un número de válvulas unidireccionales 274, siendo igual el número de válvulas unidireccionales al 20 número de flotadores y de cilindros 128. Los conductos 276 conectan lados corriente abajo respectivos de las válvulas 274 a válvulas bidireccionales 278 y válvulas unidireccionales 280 respectivas, 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 del cilindro y con los conductos 198 por medio de conductos 284. Además, los conductos 276 se comunican con las cámaras superiores 192 del cilindro y con los conductos 176 de alimentación por medio de los 25 conductos 196. Finalmente, se proporciona las válvulas bidireccionales 286 en las tuberías ramificadas 190 de retorno, y se proporcionan válvulas bidireccionales 288 en los conductos 198.

Cuando ha de elevarse un brazo fuera del agua, se cierran la válvula 278, la válvula 286 y la válvula 288. Las 30 válvulas 274 y 280 se abren, y la bomba 268 puede obligar al medio hidráulico a entrar en la cámara inferior 194 del cilindro, y se eleva el brazo asociado con el cilindro en cuestión. El medio hidráulico en la cámara superior 192 del cilindro es conducido hasta el depósito 186 por medio de la válvula 280. El elemento 206 de control detecta que el 35 brazo y, con él, el pistón 130 han alcanzado su posición deseada, por ejemplo, su posición superior, y se pasa una señal a las válvulas 274 y 280 haciendo 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 elevado fuera del agua. El brazo 122 puede estar soportado adicionalmente por un trinquete (no mostrado) que se acopla al brazo.

40 La Fig. 19 es una ilustración esquemática que muestra una pluralidad de flotadores 124 y 164 que están acoplados a un sistema hidráulico impulsor por medio de cilindros como se ha descrito anteriormente en conexión con las Figuras 14-18. En la Fig. 19, se denomina a aquellos flotadores que están ubicados en crestas 146, 148 de las olas están por el número 164 de referencia, mientras que se denomina a todos los otros flotadores por el número 124 de referencia. Sin embargo, no existe ninguna diferencia estructural entre los flotadores 124 y los flotadores 164. Las crestas primera, segunda y tercera 146, 148, 150 de las olas están indicadas por líneas dobles en la Fig. 19, y los valles primero y segundo 152, 154 de las olas están indicados por líneas simples 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 medio de una segunda flecha 158 y las partes ascendentes y descendentes de las olas están indicadas por medio de las flechas tercera y cuarta 160, 162, respectivamente. Como se indica en la Fig. 19, aquellos flotadores 45 164, que se encuentran en las crestas 146 y 148 de las olas acaban de completar, de esta manera, su movimiento ascendente provocado por las olas. Aquellos flotadores 124 que se encuentran entre la primera cresta 146 de ola y el primer valle 152 de ola están en una trayectoria ascendente en la ola, mientras que aquellos flotadores que se encuentran entre la segunda cresta 148 de ola y el primer valle 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 completa de onda, una pluralidad de flotadores se encuentra en una trayectoria ascendente en una ola en cualquier momento dado, por lo que se garantiza que una pluralidad de flotadores suministren un aporte de energía al sistema hidráulico impulsor en cualquier momento dado. 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. Figuras 14-17). Dado que una pluralidad de los flotadores está moviéndose hacia arriba 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 en al menos una longitud completa de onda, las fluctuaciones de presión en el conducto principal común 180 y, por lo tanto, se pueden mantener bajas las fluctuaciones de presión en la entrada al motor hidráulico 182 o los motores 182, 208, 210. Dado que los motores hidráulicos 182, 208 y 210 son motores con un desplazamiento variable por giro, se pueden mantener esencialmente constantes las rpm de los motores. A su vez, esto confiere el efecto de que la frecuencia de la 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 puede 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 las filas de flotadores cuando $\theta = 0^\circ$. Se comprenderá que cuanto mayor sea el ángulo θ que 0° , más larga tendrá que ser la fila de flotadores para garantizar que en cualquier momento dado una ola mueve al menos un flotador hacia arriba para suministrar un aporte de presión en el conducto principal común 180 (cf. Figuras 14-17) del sistema hidráulico impulsor.

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

$$25 \quad \text{Longitud del aparato de energía undimotriz} \geq \frac{\text{longitud de onda}}{\cos(\theta)}$$

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

La Fig. 21 ilustra dos trayectos distintos de recorrido 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 una vía de flujo, en la que no se toman mediciones 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 una vía de flujo, en la que se aumenta la distancia vertical de recorrido del flotador al obligar activamente al flotador 124 a entrar en el agua en el valle 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 valle 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. 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 pasando por la posición 172c. Según se eleva la ola, 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. Figuras 14-17). En la posición 172d, la presión es suficiente 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 pasando por la posición 172e. Durante este movimiento, el cilindro hidráulico 128 del flotador 124 introduce 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 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, se desacopla el flotador 124 del conducto hidráulico común 180 y la flotabilidad del flotador 124 hace 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. Por la anterior descripción de la Fig. 21, se apreciará que el aporte de energía de cada flotador individual 124 y el cilindro asociado 128 al sistema hidráulico impulsor es conferido durante el movimiento vertical del flotador.

Por lo tanto, para aumentar la potencia de salida 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 el 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 valle 152 de la ola. En este punto, se obliga al flotador debajo del agua hasta la posición 174c, y se cierran la válvula 178 de impulsión y la válvula bidireccional 200 (cf. Figuras 14-17). Según supera la presión corriente arriba de la válvula 178 de impulsión la presión umbral de cierre de la válvula

- 5 178 de impulsión, se abre la válvula 178, y el flotador 124 se mueve hasta la posición 174g pasando por 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 provoca que el flotador se mueva esencialmente verticalmente fuera del agua hasta la posición 174h, desde la que desciende el flotador en el lado corriente abajo de la ola hasta la posición 174i, y se repite el anterior ciclo. Gracias a que se obliga al flotador al interior del agua en la cresta 152 de la ola, es decir,
- 10 10 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 no se obliga al flotador a bajar en la ola en un valle de la ola, o cerca del mismo, 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 recorrido de la parte inferior de la Fig. 21 que con respecto al recorrido de la parte superior de la Fig. 21.

- 15 15 Evidentemente, solo se produce una ganancia neta en términos de potencia de salida total del aparato de energía undimotriz si la energía utilizada para obligar al flotador 124 a entrar en la ola en el valle 152 de la ola no se resta de la potencia de salida del aparato. La Fig. 22 muestra una realización modificada del sistema hidráulico impulsor 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 la ola, o cerca de la misma, es decir, desde la posición 174g hasta la posición 174h en la parte inferior de la Fig. 21. Esta energía, que es perdida 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 los valles de las 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 hidráulicos 224, 226, 228, 230 de los acumuladores, 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 ha pasado un flotador 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 14 se mueve fuera de la ola desde su posición sumergida en la ola. El medio hidráulico, que es desplazado de ese modo 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 p1, siendo p1 menor que la presión operativa p0 en el conducto principal 180. La segunda válvula 234 se abre a una primera presión p1 y se cierra de nuevo a una segunda presión menor p2. La tercera válvula 236 se abre a una segunda presión p2 y se cierra de nuevo a una tercera presión inferior p3. La cuarta válvula 238 se abre a la tercera presión p3 y se cierra de nuevo a una cuarta presión inferior p4. A una presión menor aún p5, se abre la válvula bidireccional 200.

En un valle 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 bajo el agua. Según 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 adicionalmente bajo el agua. De aquí en adelante, 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 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 adicionalmente bajo la superficie del agua. Finalmente, se cierra la primera válvula bidireccional 232, y se abre la válvula 178 de impulsión.

- 45 45 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 el agua en un valle 152 de la ola para aumentar la potencia de salida del aparato de energía undimotriz. En consecuencia, obligar a un flotador a descender en la forma descrita anteriormente puede ser considerado como una forma de utilizar la energía potencial liberada en las crestas de las olas, energía que se perdería de otra forma.
- 50 50

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

La Fig. 23 muestra, en general, una representación gráfica de la acumulación de energía en N etapas, es decir, en N acumuladores correspondientes a los acumuladores 216, 218, 220 y 222 de la Fig. 22. El primer eje indica el desplazamiento vertical d₀ 250 del flotador en el agua, y el segundo eje indica la fuerza F₀ 252. El área del triángulo de rayado sencillo que cubre la mitad del esquema de la Fig. 23 indica la máxima energía ideal, que está disponible. Sin embargo, para utilizar esta energía, el sistema debería 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, se indica la pérdida de energía mediante triángulos 254 de rayado sencillo. Cada triángulo indica que el flotador es desplazado una distancia vertical Δd. El área de cada

uno de los pequeños triángulos es la mitad de la altura multiplicada por la longitud. Por lo tanto, se puede determinar la pérdida en cada etapa por medio de la siguiente fórmula:

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

en la que

- 5 F_0 es la fuerza de carrera cuando se obliga al flotador 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:

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

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

- 10 En la Fig. 24 se muestra el efecto de los acumuladores expuesto anteriormente en conexión con las Figuras 22 y 23, en la que la curva 256 muestra el movimiento del flotador en la ola como una función de tiempo, y la curva 258 muestra la forma de una ola como una función de 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. Fig. 22) mientras que también se cierra la válvula 178 de impulsión, y se bloquea el flotador. En 262, el flotador se mueve fuera 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.
- 15

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (102) de energía undimotriz que comprende:

- al menos un brazo (122), que está soportado de forma rotativa en un extremo por medio de un árbol (126) y que tiene un flotador (124) 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 (122) en torno al árbol (126),
 - medios de conversión de energía para convertir energía transmitida por las olas al menos un brazo (122) en energía eléctrica por medio de un sistema hidráulico impulsor con al menos un medio accionado hidráulicamente por medio de un sistema hidráulico impulsor con al menos un motor (182) accionado hidráulicamente, y
 - un sistema hidráulico de elevación para elevar el flotador (124) fuera del océano y para bloquear el flotador en una posición superior por encima de la superficie del océano,
- caracterizado porque**
- dicho al menos un brazo (122) comprende una pluralidad de brazos (122) soportados de forma rotativa, cada uno de los cuales tiene un flotador (124),
 - cada brazo (122) está conectado al sistema hidráulico impulsor por medio de al menos un accionador (128) que provoca que un medio hidráulico del sistema hidráulico impulsor sea desplazado al interior uno o más motores mutuos (182, 208, 210), estando dispuestos los accionadores para desplazar el medio hidráulico al o a los motores por medio de los conductos hidráulicos comunes (180), y
 - el sistema hidráulico de elevación está adaptado para elevar individualmente cada flotador (124) fuera del océano.

2. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 1, en el que el flotador (124) está unido de forma pivotante al brazo (122).

25 3. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 1 o 2, que comprende una pluralidad de brazos (122), estando soportado cada brazo por medio de al menos dos cojinetes (144) que están dispuestos a lo largo de un eje central común, que coincide con un eje de rotación del brazo, estando desplazados los cojinetes del eje central, de forma que se contrarrestan las fuerzas radiales y axiales.

30 4. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 3, en el que los cojinetes (144) están precargados en una dirección axial.

5. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 3 o 4, en el que cada uno de los cojinetes (144) comprende un anillo o cilindro interno (145) y uno externo (147), estando fijado el anillo interno a un árbol giratorio del brazo, y estando fijado el anillo externo a un soporte fijo, comprendiendo el cojinete, además, un material flexible (149) entre el anillo interno y el externo.

35 6. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 5, en el que el material flexible (149) comprende al menos una cavidad (151) o perforación.

7. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 5 o 6, en el que el material flexible (149) comprende al menos un miembro de resorte, tal como un resorte plano (342).

40 8. Un aparato de energía undimotriz según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el al menos un brazo (122) comprende una pluralidad de brazos que están dispuestos 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 árbol (126), estando dispuestos los brazos a distancias mutuas, de forma que en todo momento al menos dos de los brazos suministran simultáneamente un aporte de energía a los medios de conversión de energía, comprendiendo los medios de conversión de energía un accionador hidráulico asociado (128) con cada brazo, introduciendo los accionadores hidráulicos un medio hidráulico en al menos un motor hidráulico (182, 208, 210) por medio de conductos hidráulicos comunes (180).

45 9. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 8, en el que la fila de brazos está orientada de tal manera con respecto al rumbo de la ola que forma la fila un ángulo de menos de +/- 60° con respecto al rumbo.

50 10. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 8 o 9, en el que cada uno de los brazos transmite energía de forma intermitente a los medios de conversión de energía cuando una ola pasa el flotador 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.

55 11. 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.

12. 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.
13. 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.
- 5 14. 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.
- 10 15. Un aparato de energía undimotriz según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los brazos y los flotadores están fabricados de un material que tiene una densidad de, como máximo, 1000 kg/m³.
16. Un aparato de energía undimotriz según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el al menos un accionador de cada brazo comprende un cilindro (128) de doble acción.
17. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 16, en el que el cilindro (128) de doble acción forma parte del sistema hidráulico de elevación, de forma que el cilindro es controlable para elevar el flotador (124) fuera del océano.
- 15 18. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 16 o 17, en el que el sistema hidráulico impulsor comprende al menos un acumulador hidráulico (186) para almacenar energía de forma intermitente en el sistema hidráulico impulsor, y en el que el sistema hidráulico impulsor es controlable para liberar la energía almacenada en el acumulador, cuando se pasa un flotador (124) por un valle de ola, de forma que se obliga al flotador portado por el brazo a entrar en la ola.
- 20 19. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 18, en el que el medio hidráulico es introducido en el sistema acumulador hidráulico (186) por medio de los conductos hidráulicos comunes (180).
- 25 20. Un aparato de energía undimotriz según cualquiera de las reivindicaciones 16-20, en el que cada cilindro (128) está dotado de un sensor (206) para determinar una posición y/o una tasa de movimiento del pistón (130) del cilindro, estando dispuesto el sensor para transmitir una señal a una unidad de control de los cilindros y válvulas asociadas, de forma que la transmisión de energía de los cilindros individuales a las partes restantes del sistema hidráulico impulsor es controlable individualmente en respuesta a la señal que representa la posición y/o la tasa de movimiento de la posición del pistón del cilindro.
- 30 21. Un aparato de energía undimotriz según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el árbol y los medios de conversión de energía están soportados por medio de una estructura (104) de soporte que está anclada al fondo del mar por medio de un ancla (121) de succión.
22. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 21, en el que la estructura (104) de soporte está anclada al fondo del mar por medio de un ancla (121) de succión y/o un soporte gravitacional.
- 35 23. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 21 o 22, 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 (812) de la estructura de refuerzo.
24. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 23, en el que la estructura de soporte comprende una estructura (104) de refuerzo y en el que el al menos un brazo (122) está soportado por la estructura de refuerzo en un segundo punto nodal de la misma.
- 40 25. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 24, en el que dicho segundo punto nodal 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 anclaje (121) en cada una de las esquinas.
26. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 25, en el que la estructura (104) de refuerzo comprende una subestructura poligonal, preferentemente una subestructura rectangular (111) dispuesta por encima de la subestructura triangular.
- 45 27. Un aparato de energía undimotriz según cualquiera de las reivindicaciones 21-26, en el que la estructura de soporte comprende un lastre para proporcionar una fuerza descendente sobre la estructura (104) de soporte, estando dispuesto el lastre por encima del nivel del mar.
28. Un aparato de energía undimotriz según la reivindicación 27, en el que el lastre comprende al menos un tanque de lastre o un depósito de lastre.

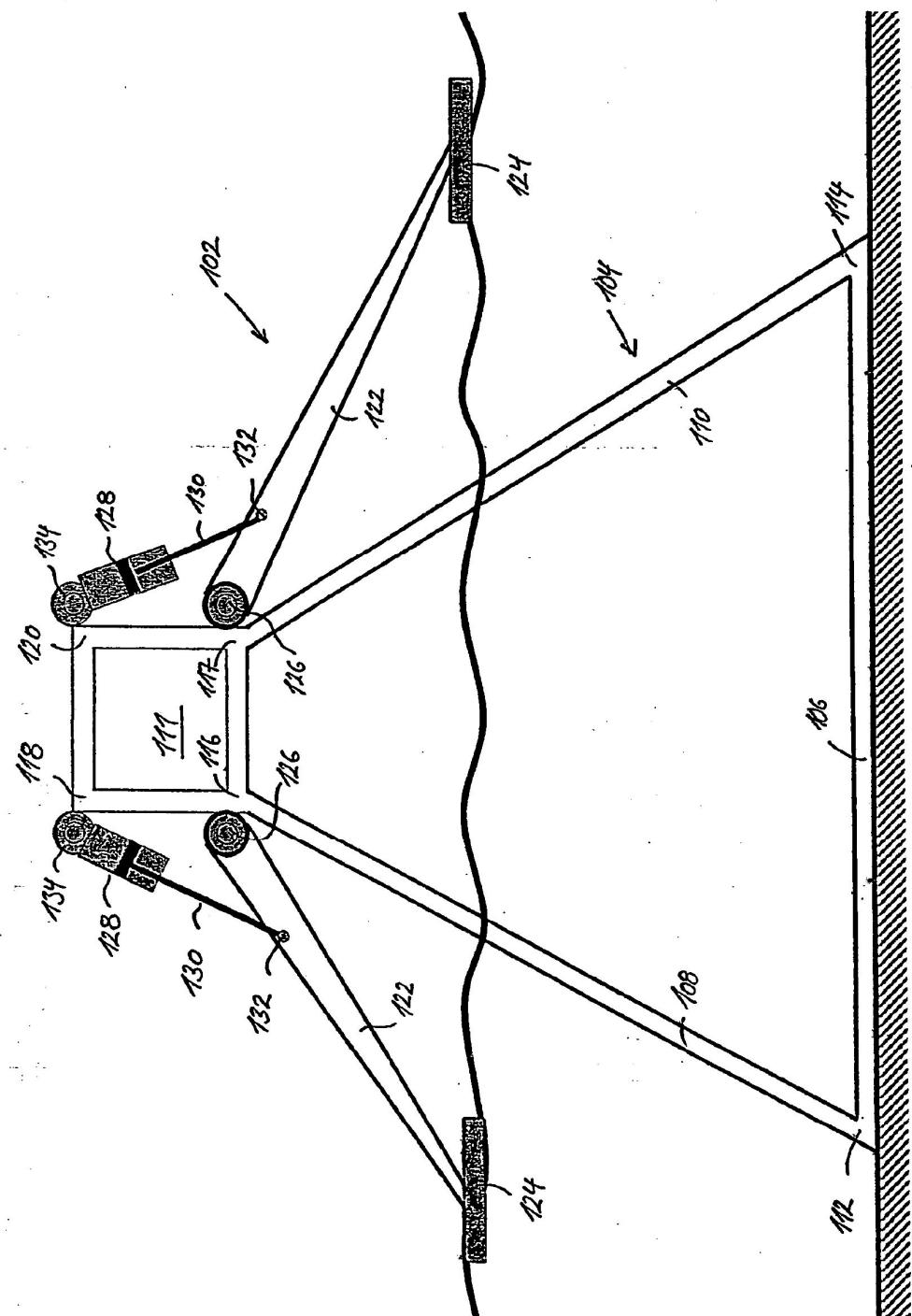


Fig. 1

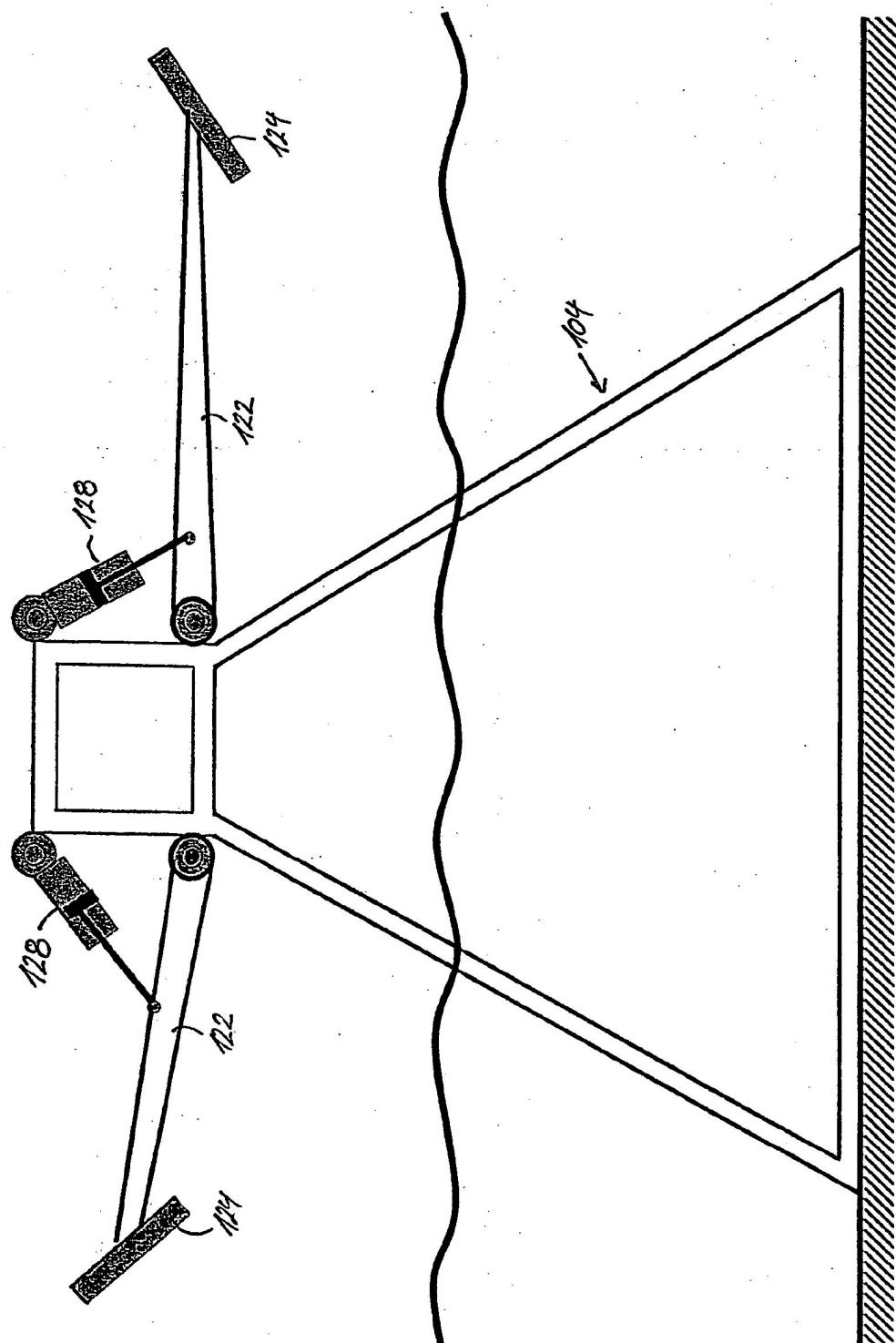
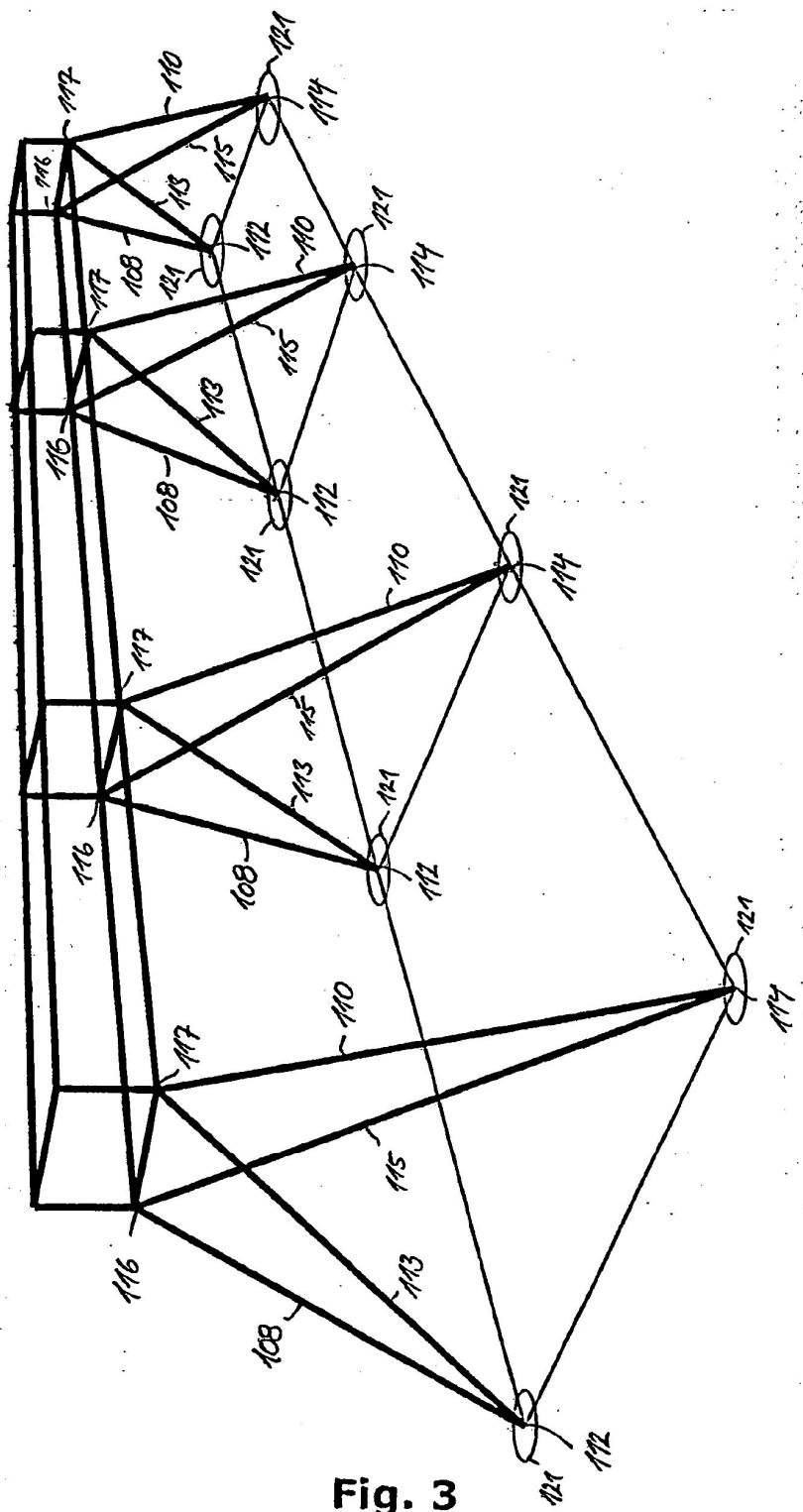


Fig. 2



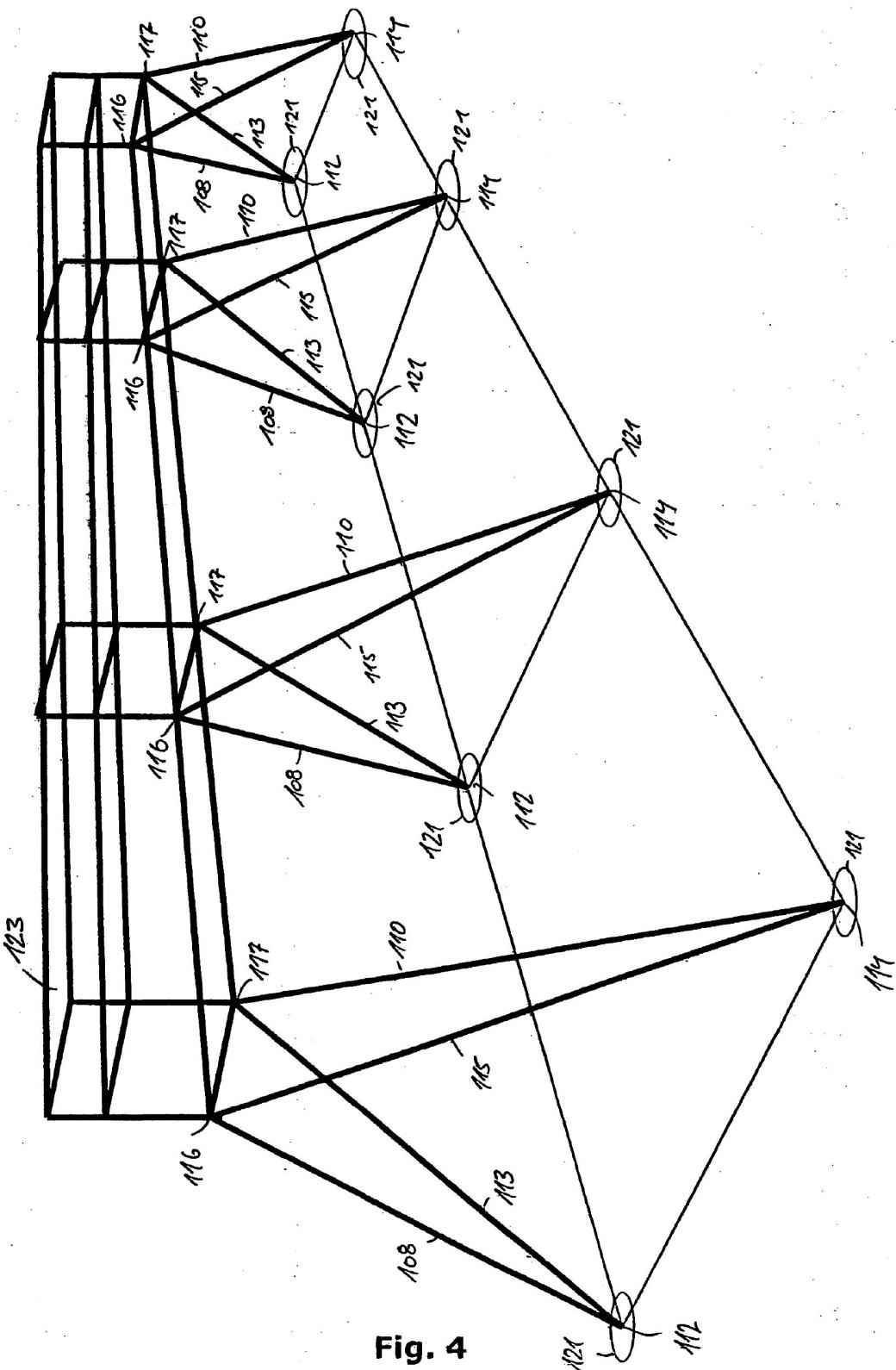


Fig. 4

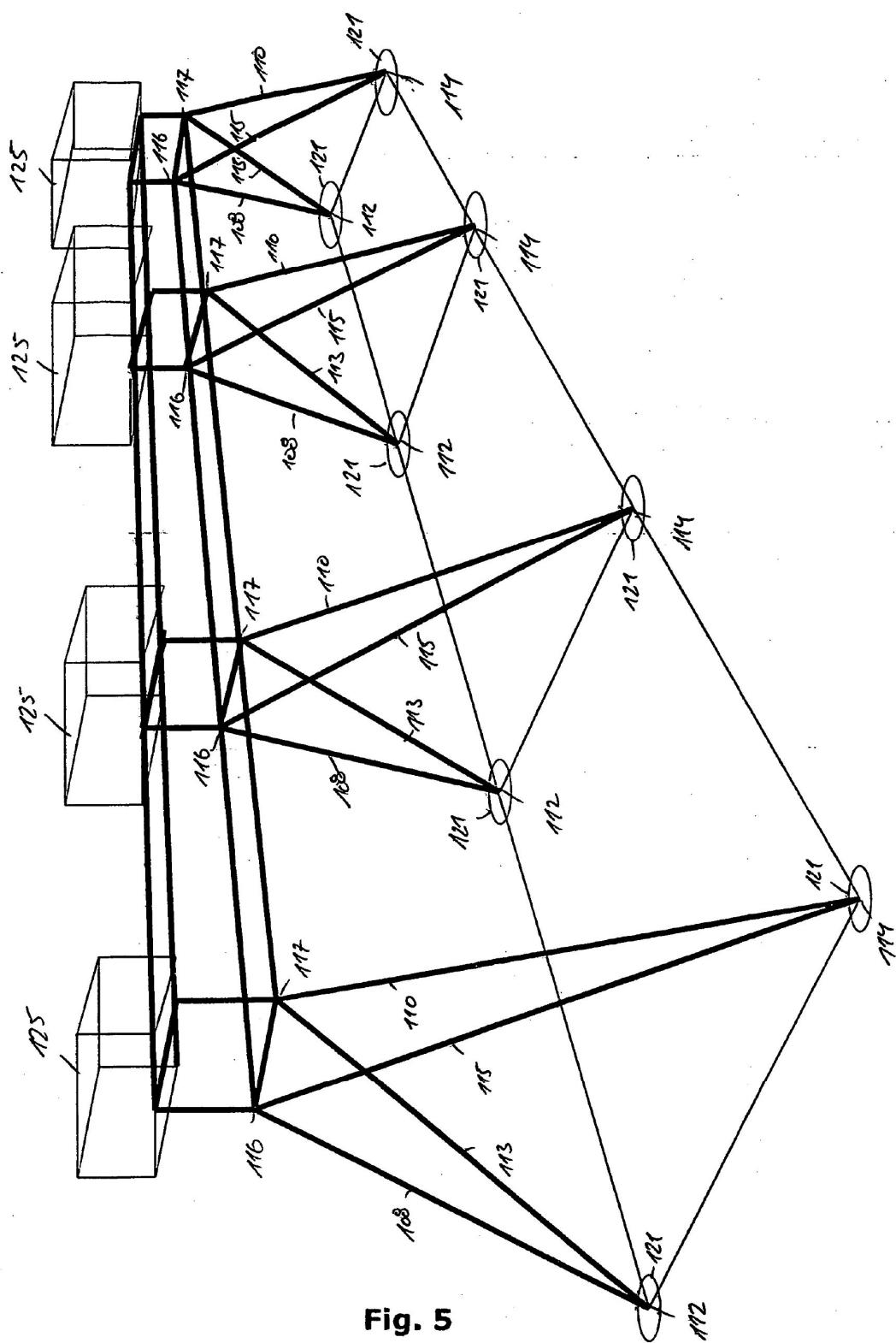


Fig. 5

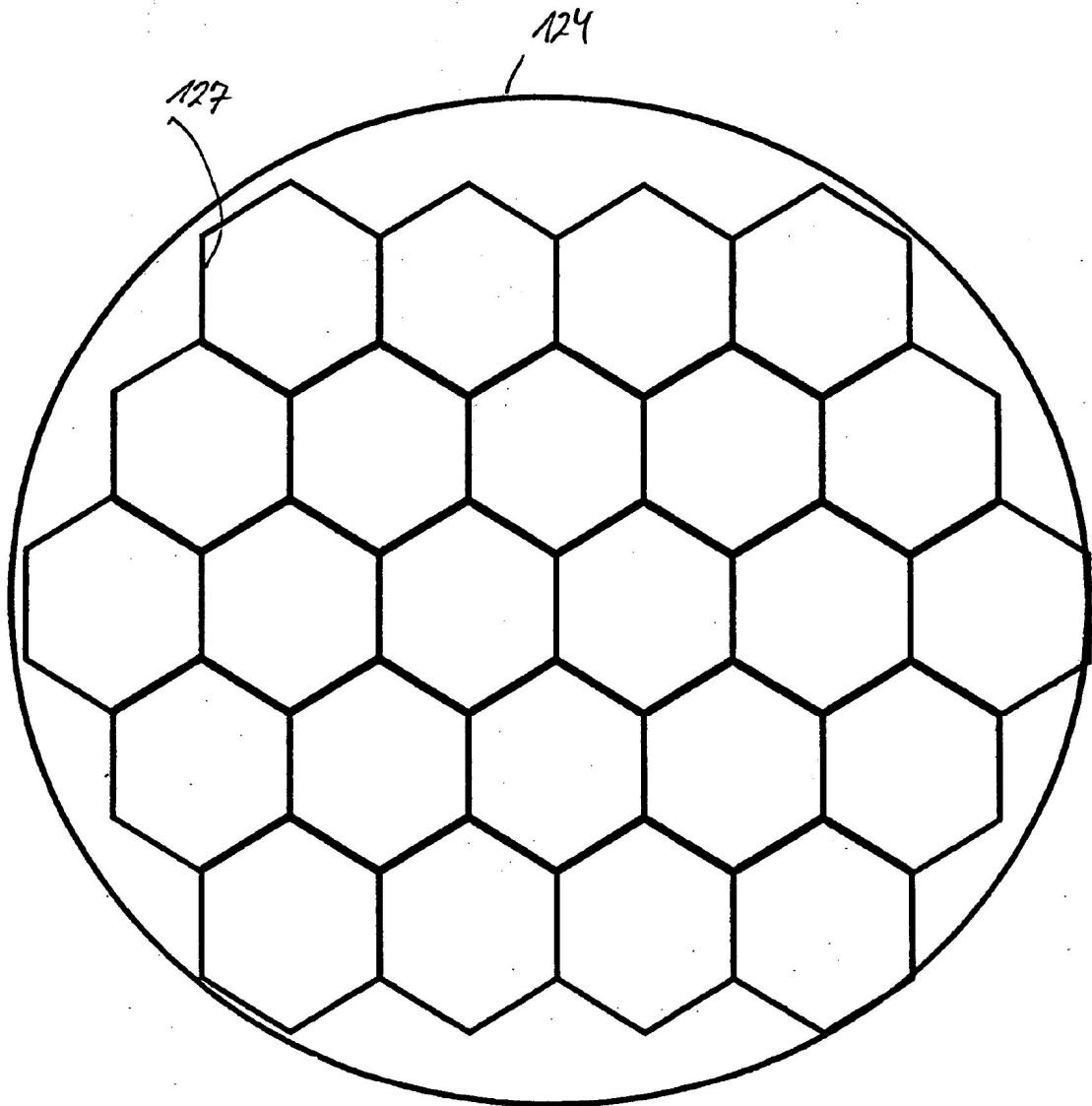


Fig. 6

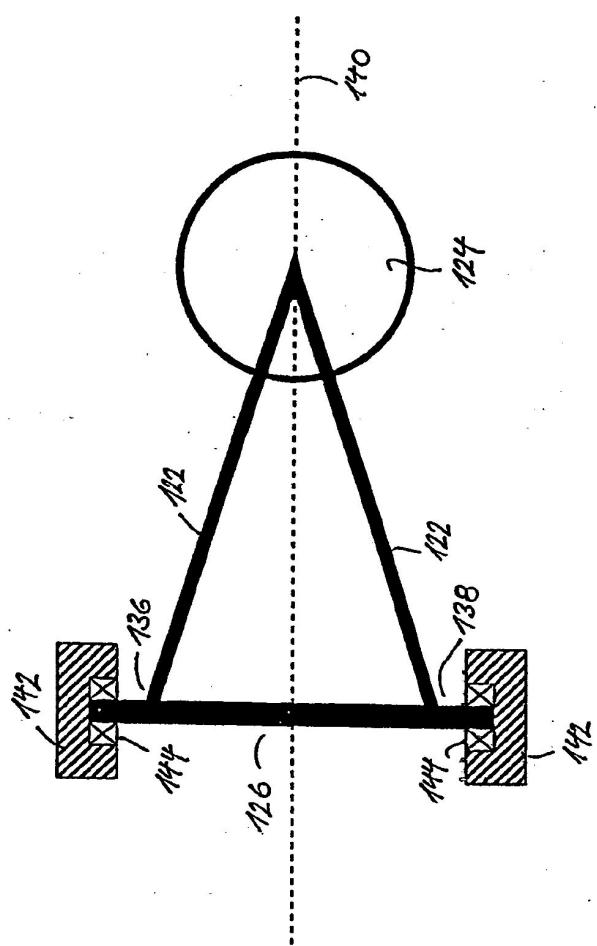


Fig. 7

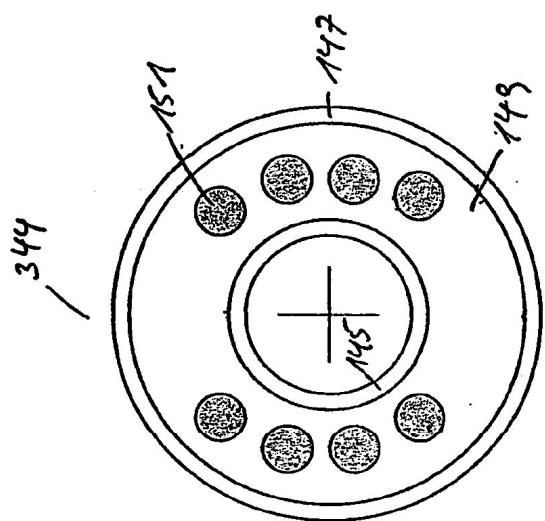


Fig. 9

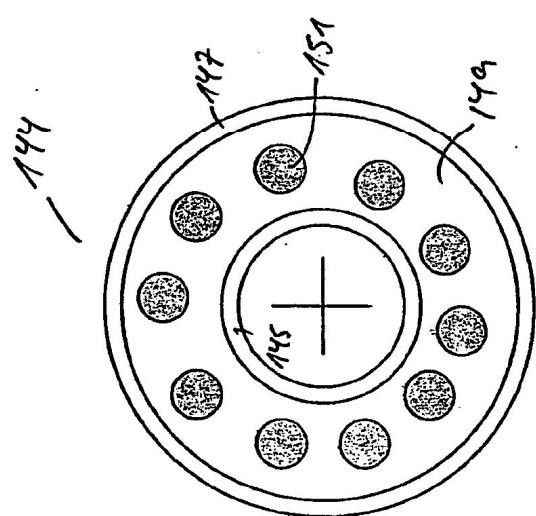


Fig. 8

Fig. 11

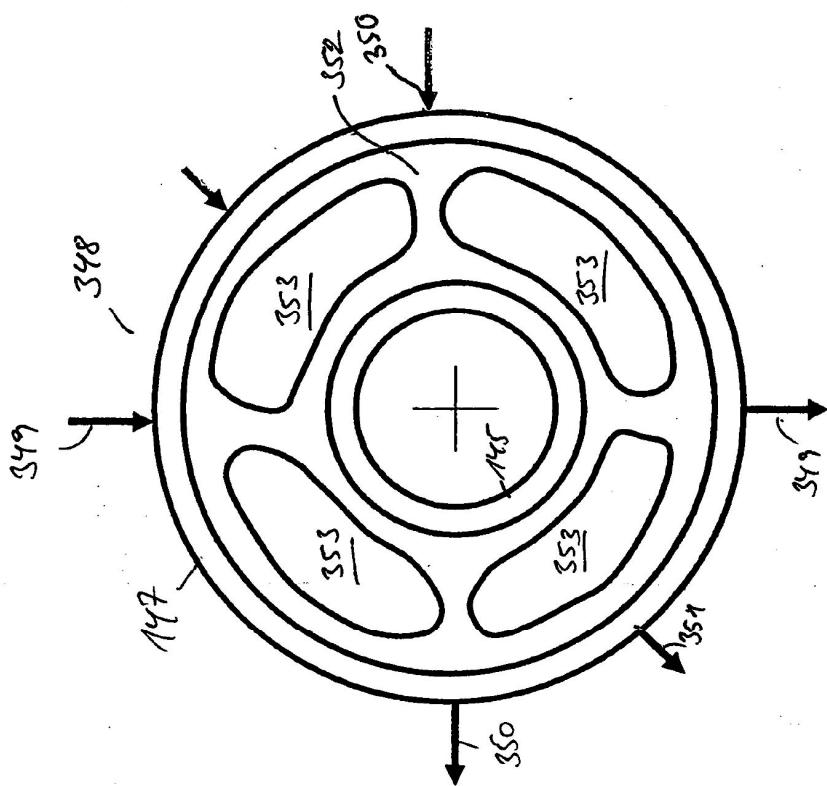
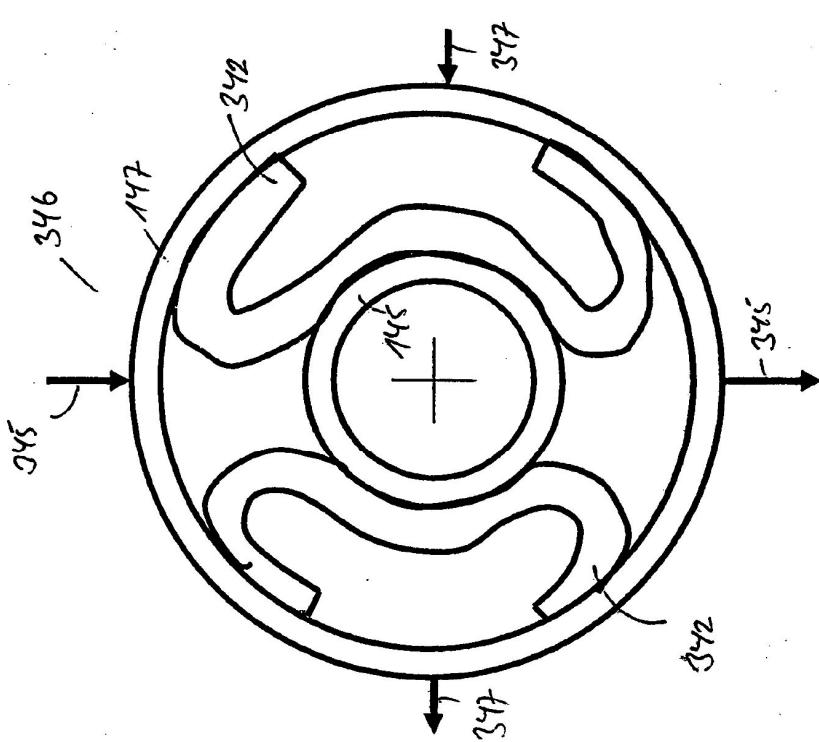


Fig. 10



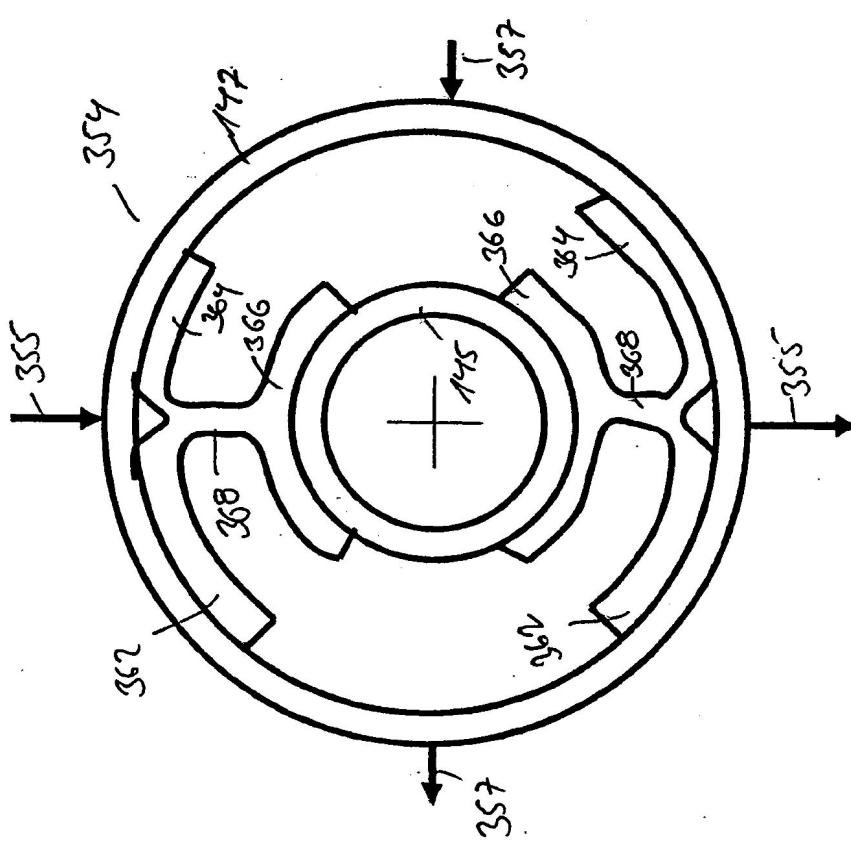


Fig. 12

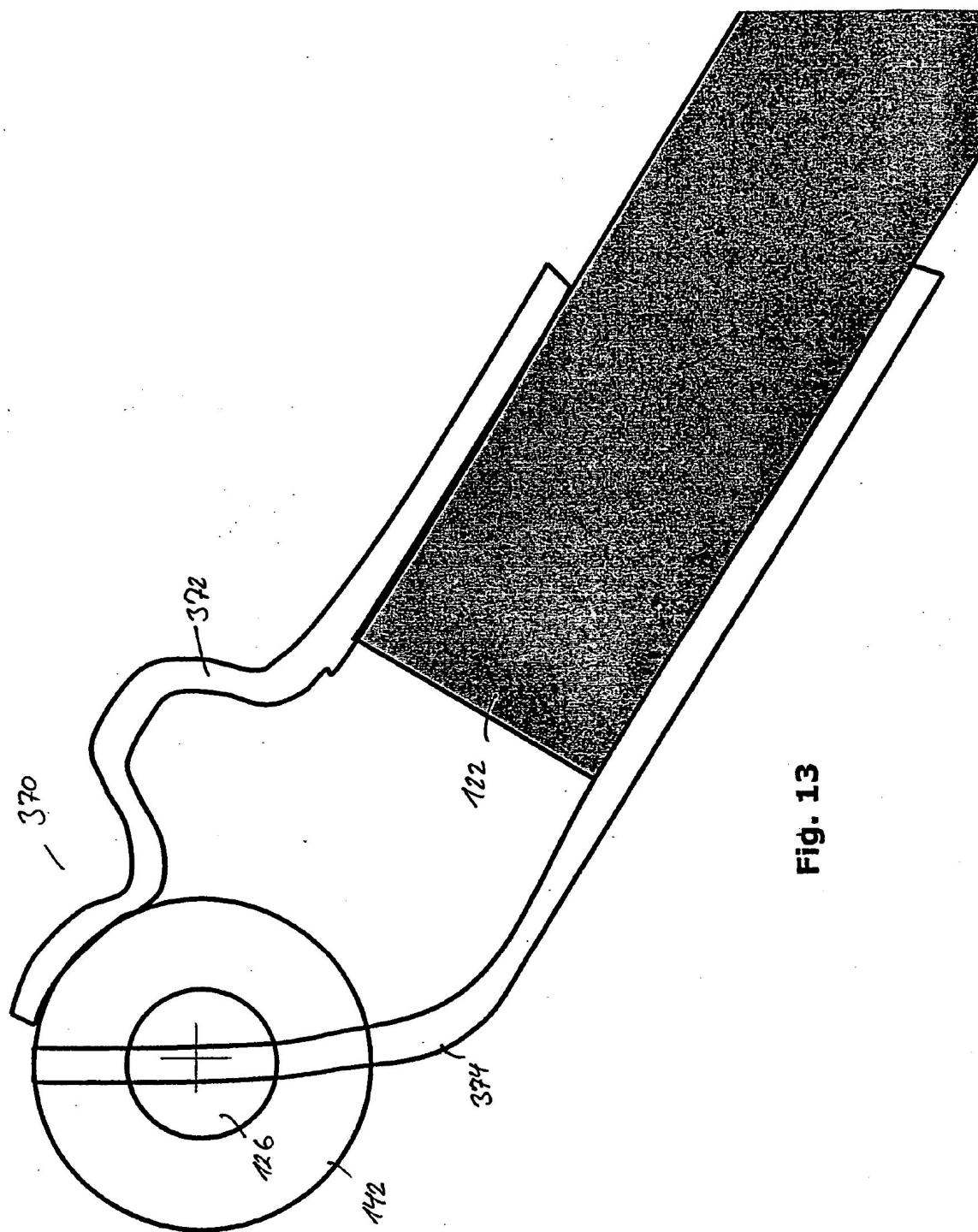


Fig. 13

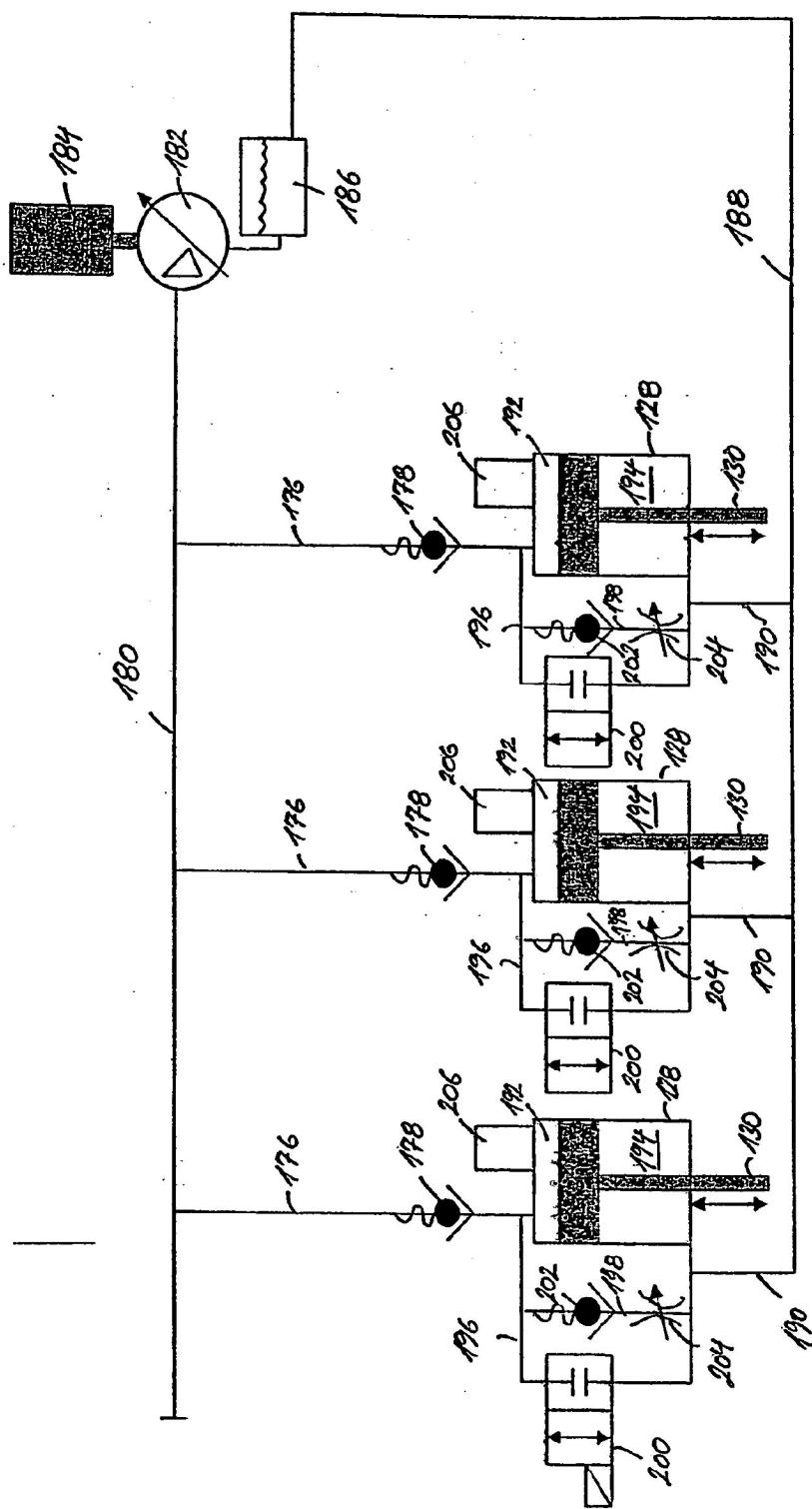


Fig. 14

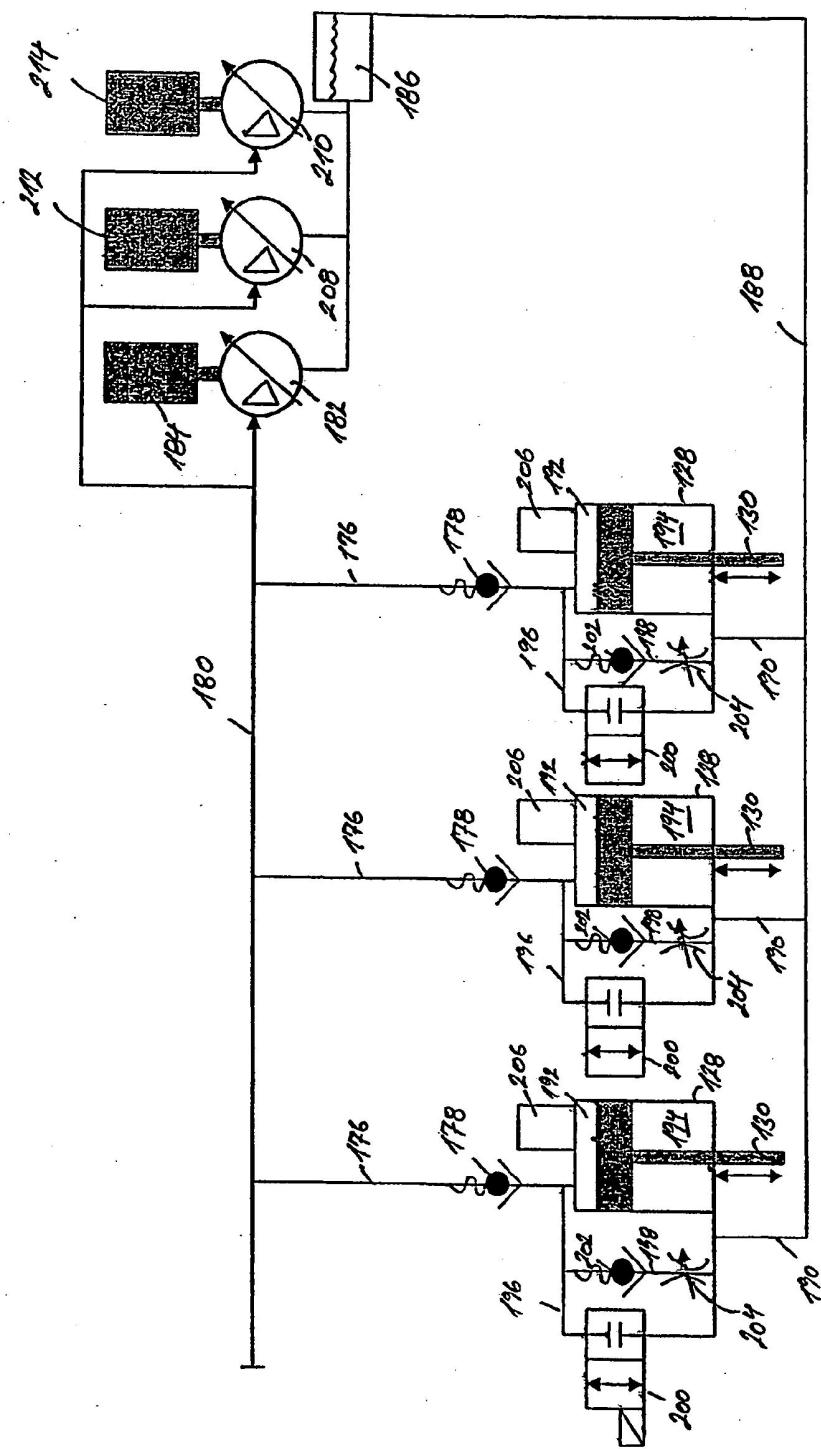
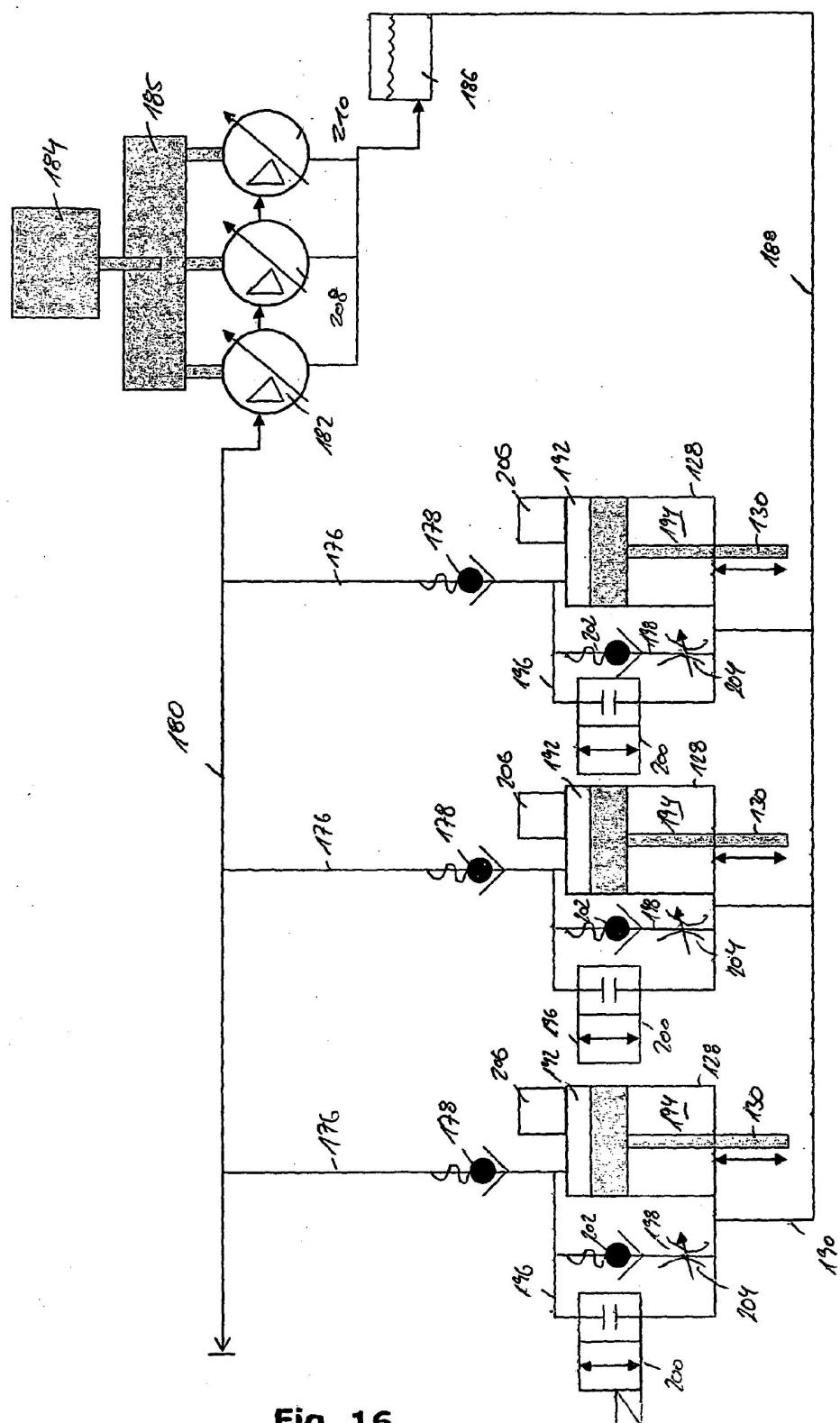


Fig. 15

**Fig. 16**

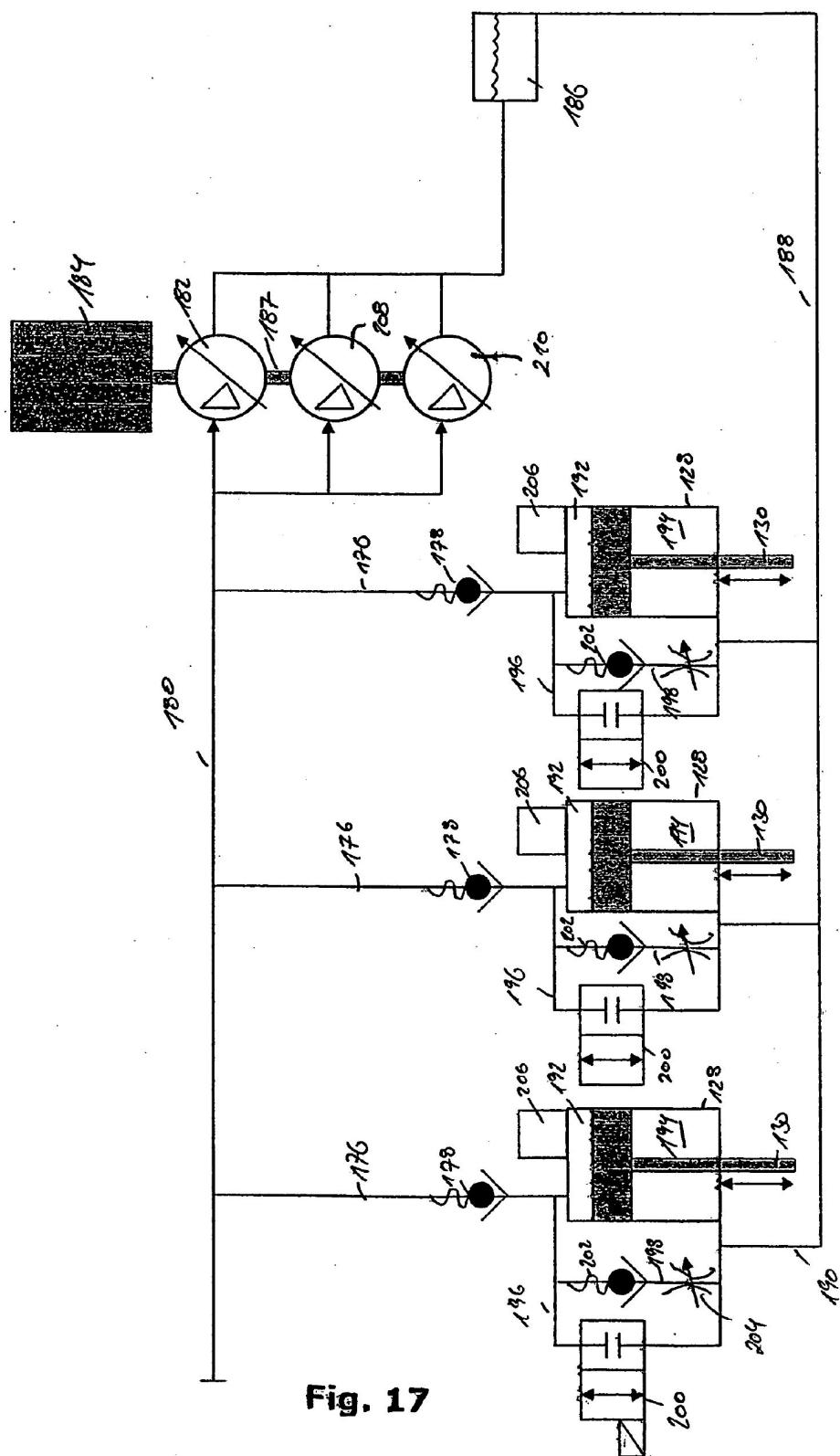


Fig. 17

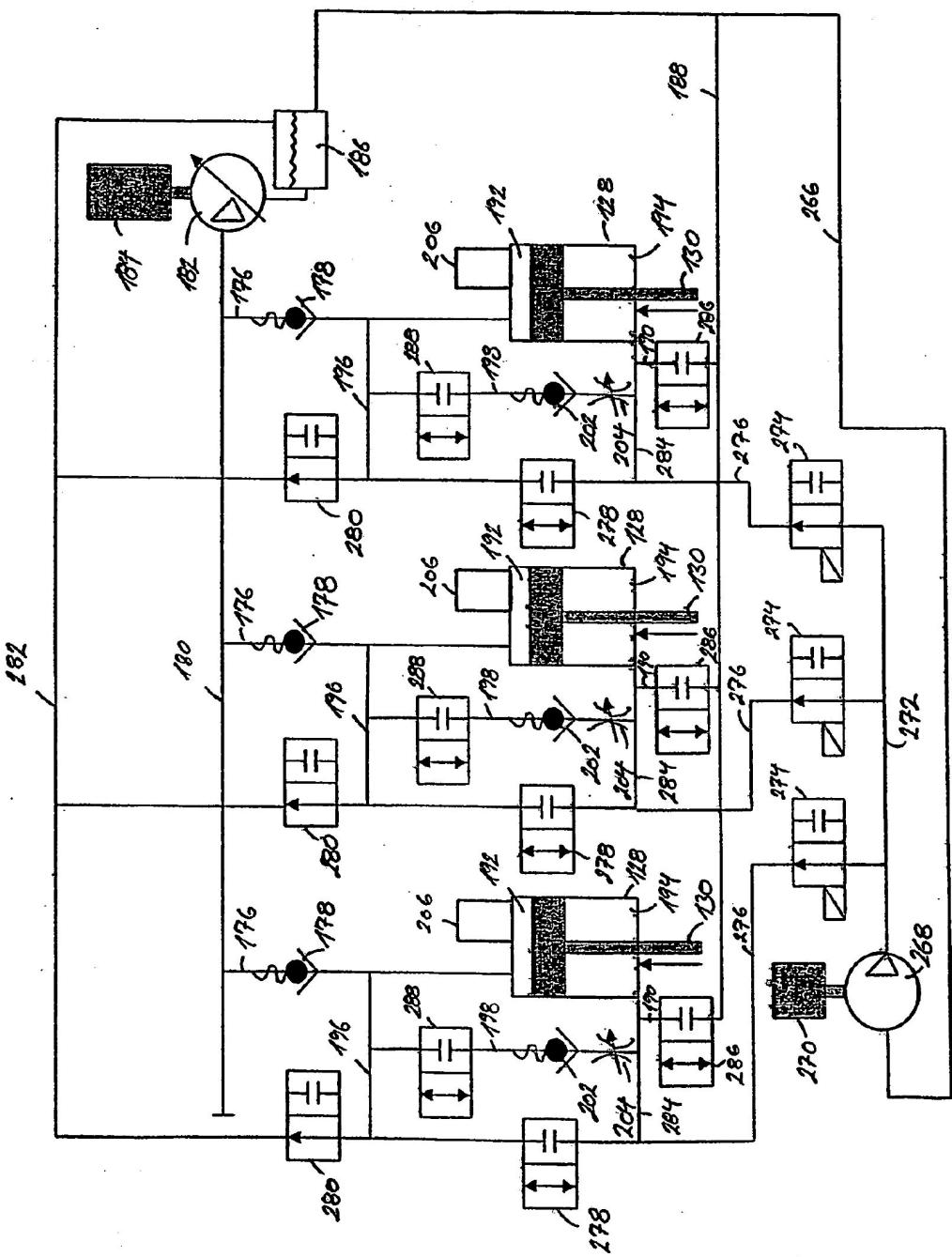
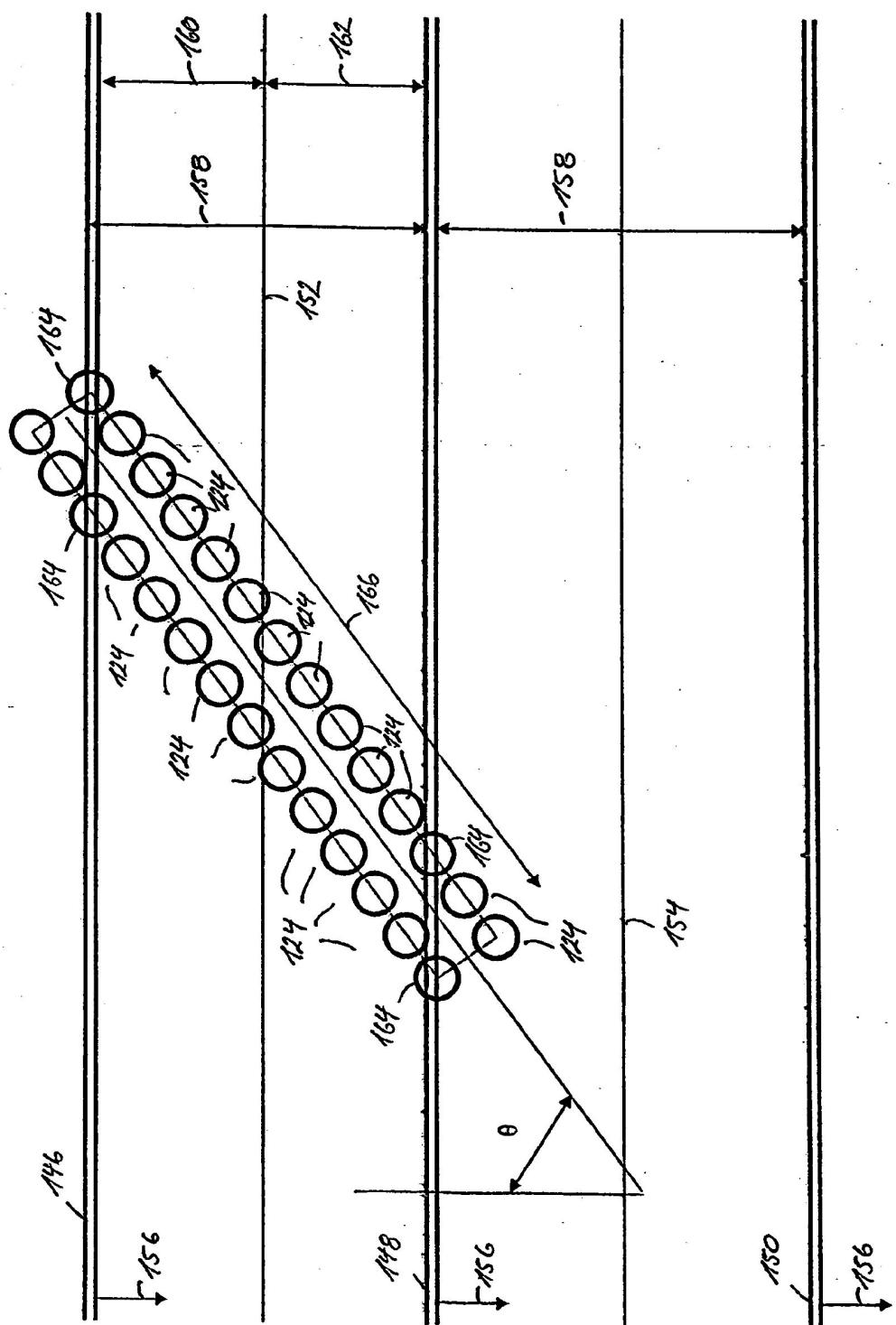


Fig. 18

**Fig. 19**

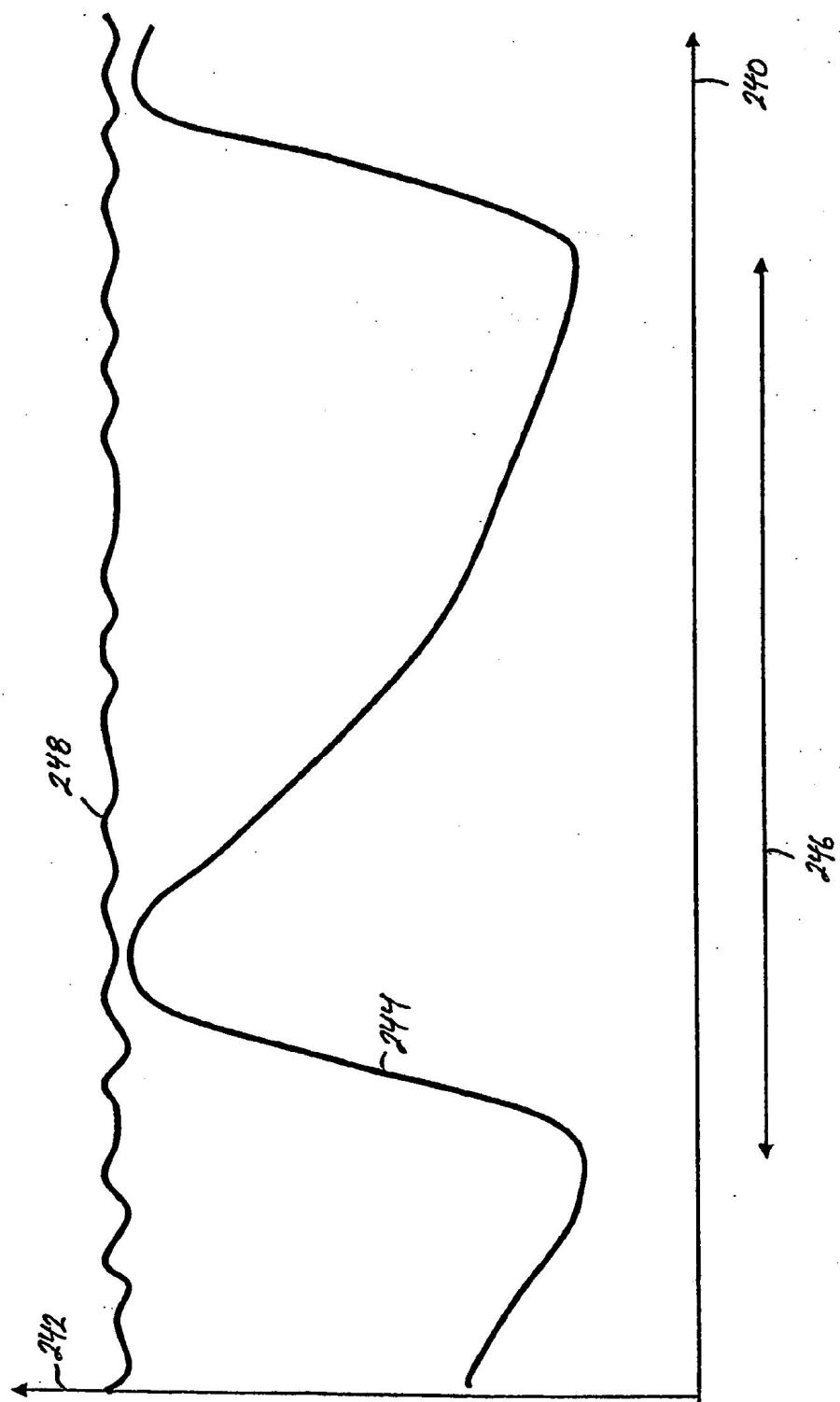


Fig. 20

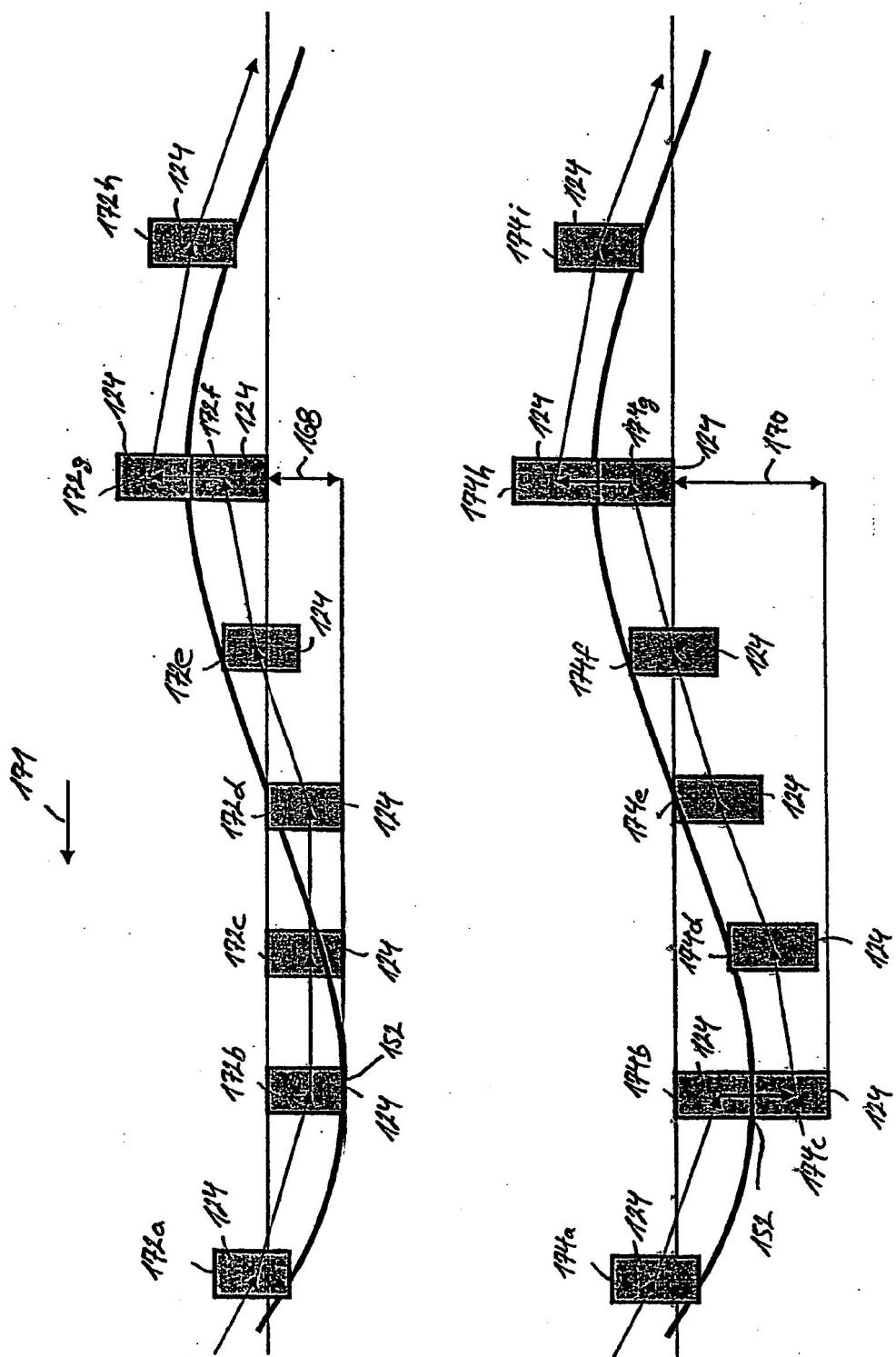
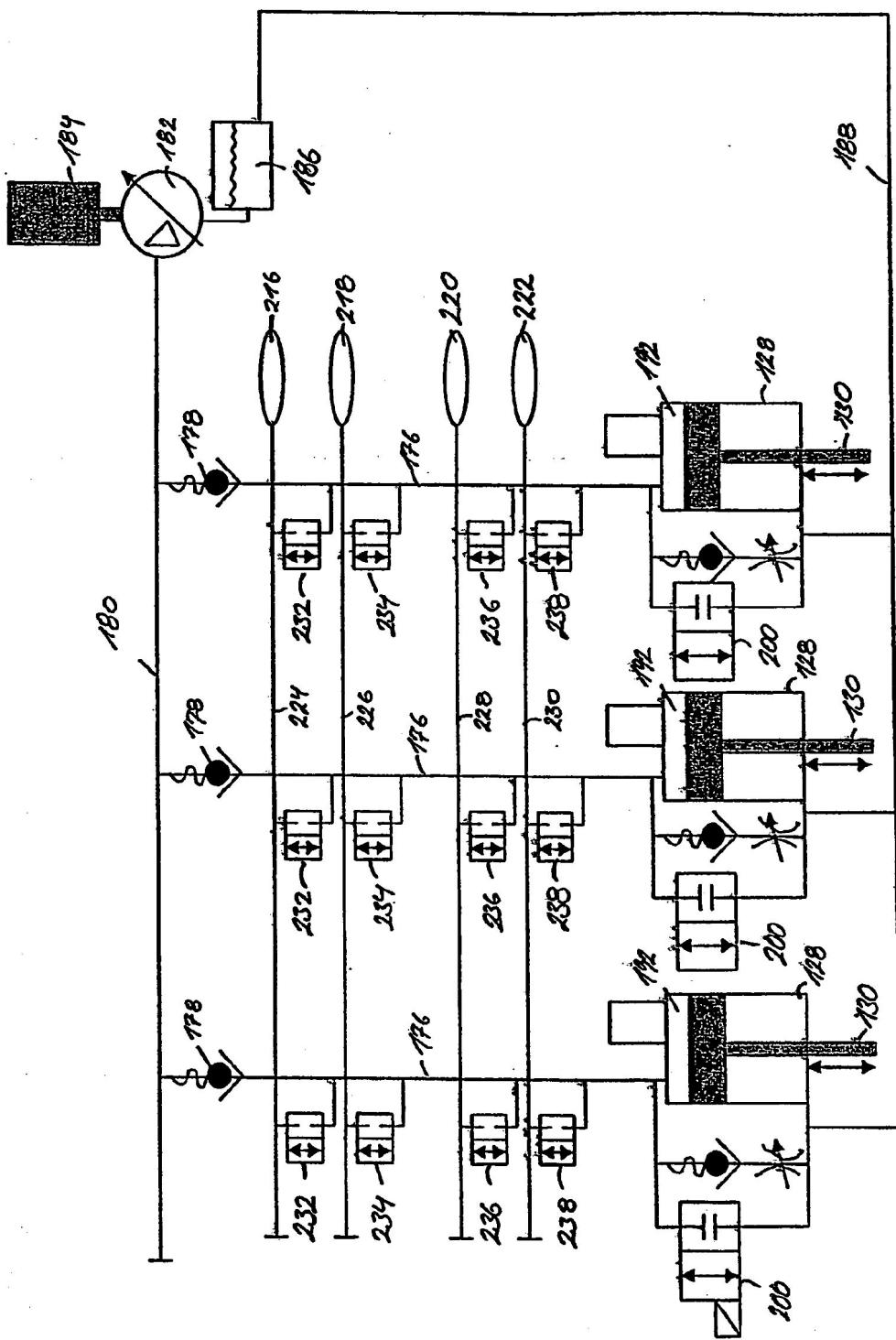


Fig. 21



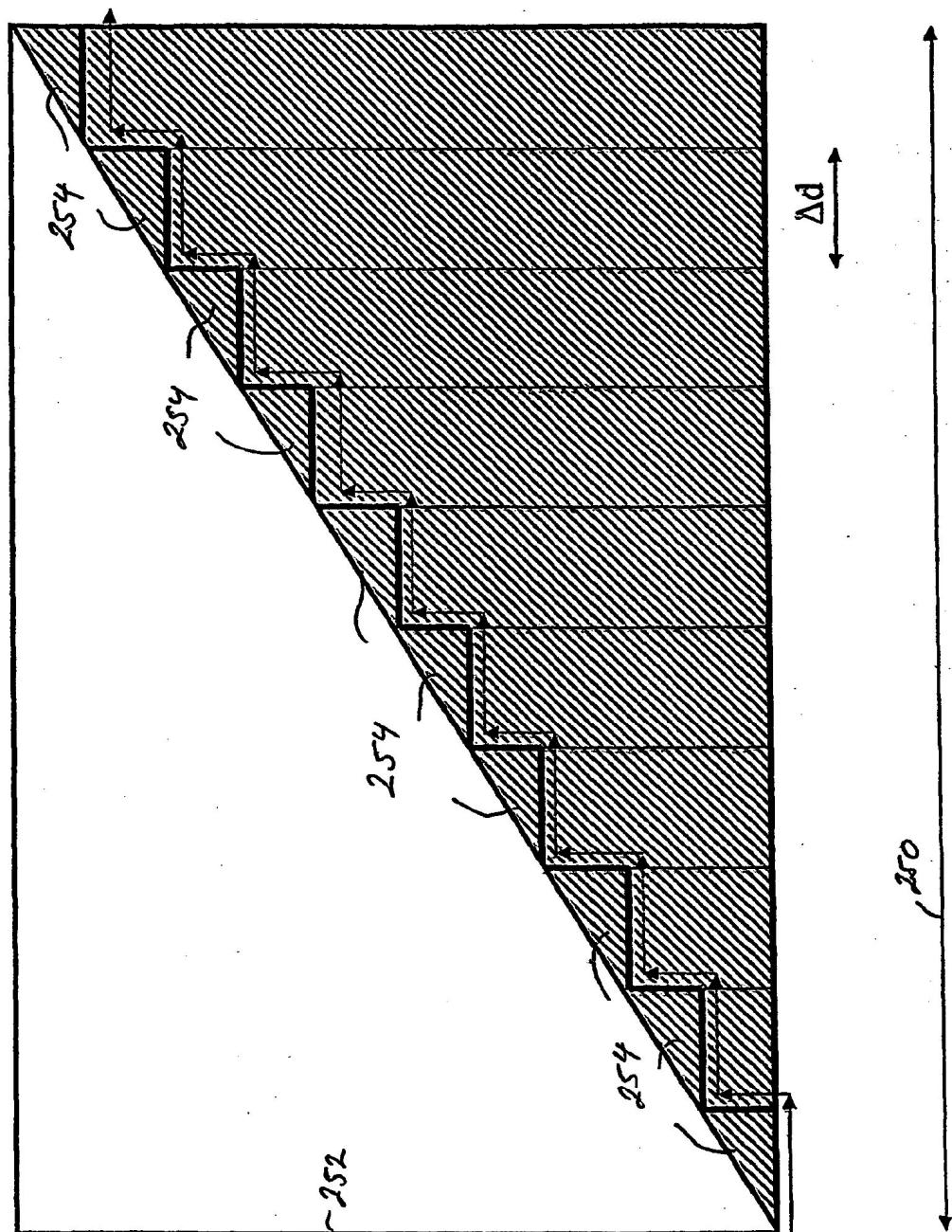
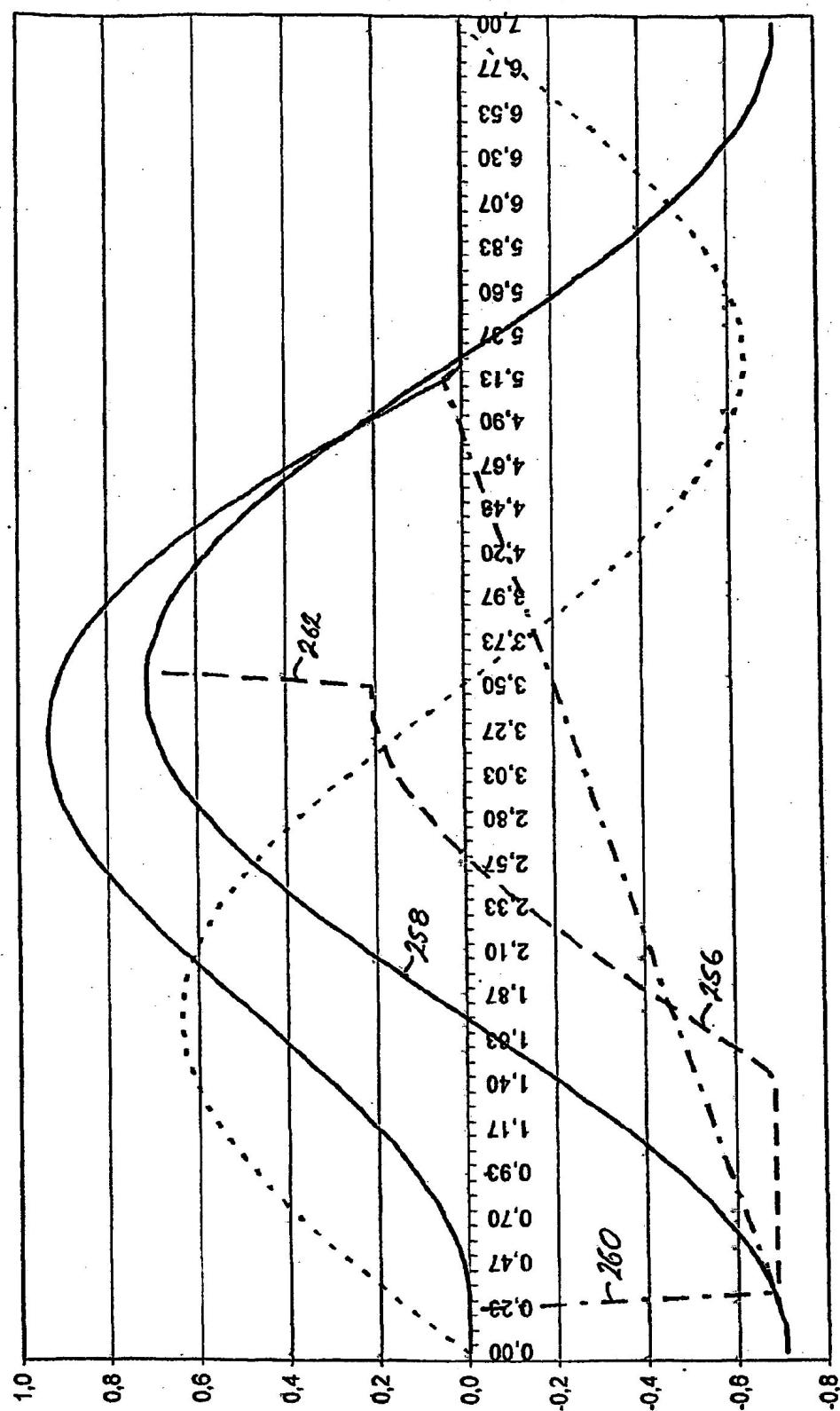
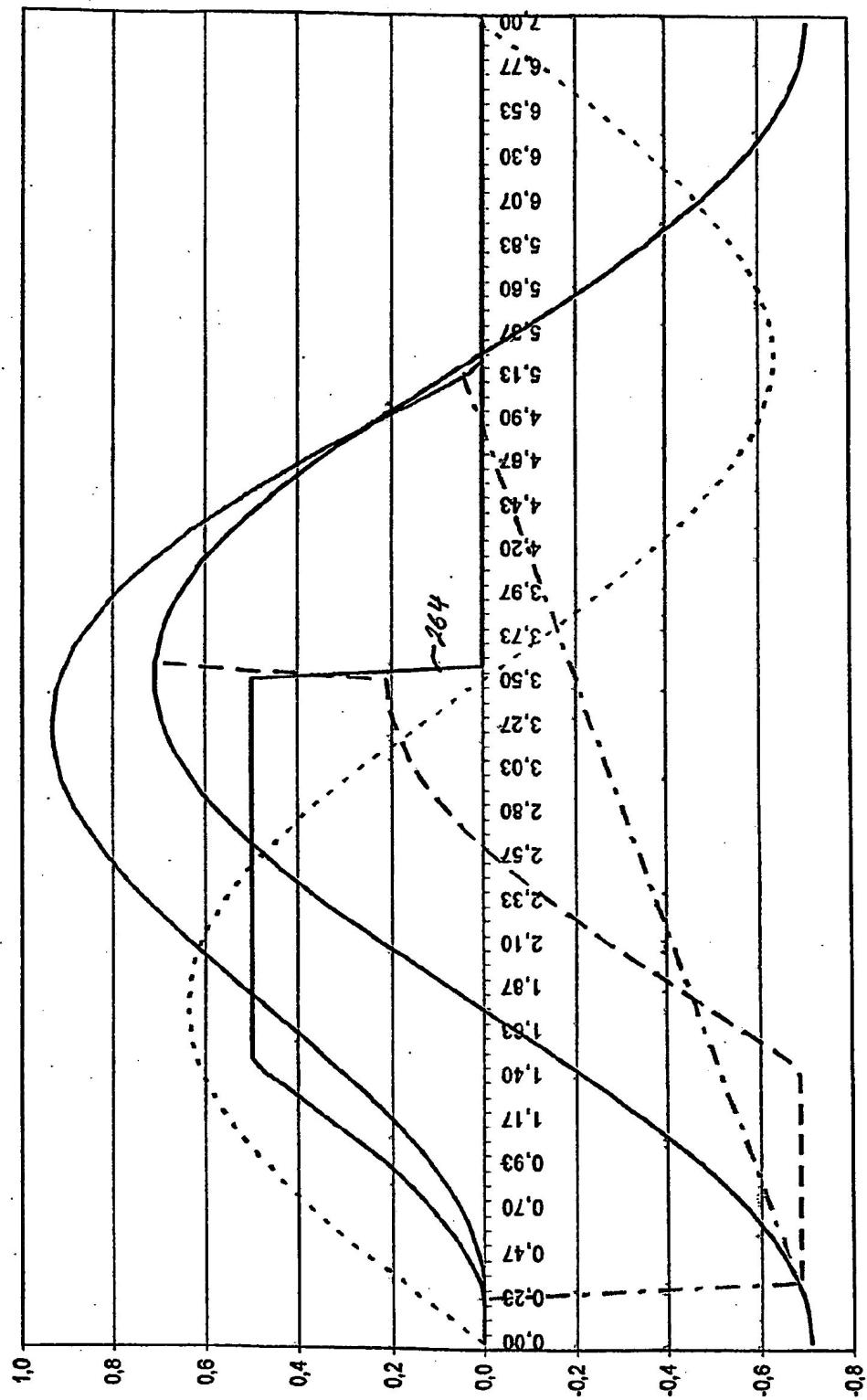


Fig. 23

**Fig. 24**

**Fig. 25**