

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 579 704**

51 Int. Cl.:

F03B 13/20 (2006.01)

F03B 13/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.04.2013 E 13726240 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.06.2016 EP 2839145**

54 Título: **Procedimiento para convertir la energía de las olas en electricidad por medio de una central undimotriz y central undimotriz**

30 Prioridad:

17.04.2012 FI 20125413

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

16.08.2016

73 Titular/es:

**WELLO OY (100.0%)
Kurjenskellontie 5 B
02270 Espoo, FI**

72 Inventor/es:

**PAAKKINEN, HEIKKI y
PAAKKINEN, ANTTI**

74 Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 579 704 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para convertir la energía de las olas en electricidad por medio de una central undimotriz y central undimotriz.

5

[0001] La invención se refiere a un procedimiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 para convertir la energía de las olas en energía eléctrica por medio de una central undimotriz. La invención también se refiere a una central undimotriz según el preámbulo de la reivindicación 5.

10 **[0002]** Las publicaciones EP 1 384 824 B1 y WO2005/071257 A1 describen un procedimiento similar en el que se utiliza el momento del impulso de la rotación del giroscopio para generar el par motor del rotor cuando el eje giroscópico gira por medio de las olas. El problema de estas centrales de energía undimotriz conocidas es que el par motor que impulsa la rotación del eje del rotor solo se recibe durante un tiempo breve, dos veces durante una rotación completa del rotor, mientras que, en las fases intermedias, cuando el eje giroscópico gira, el momento del
15 impulso de la rotación del giroscopio genera un par motor que inclina el cuerpo. Si el cuerpo se inclina en la dirección del par motor, llevará a cabo un trabajo innecesario y frenará la rotación del rotor. Por tanto, es difícil hacer que el rotor gire acorde con las olas y que el cuerpo de la central undimotriz se balancee al compás de las olas. El funcionamiento de la central undimotriz es relativamente ineficiente y es difícil hacer que la central funcione con olas irregulares.

20

[0003] Desde la publicación del documento US 7,375,436 B1, se conoce además una central undimotriz en la que se utiliza el momento producido por la fuerza giroscópica, que se genera cuando la central energética se inclina (se balancea), para hacer girar el rotor. En la publicación se estudia la potencia de salida de la central con diferentes velocidades de rotación del giroscopio en relación con la frecuencia de las olas. El momento que hace girar el rotor
25 se obtiene pulsando dos veces durante la revolución, es decir, que es irregular y resulta difícil sincronizar la rotación del rotor con la frecuencia de la ola en condiciones de olas variables. La potencia de salida efectiva también es modesta. La potencia de salida se deteriora especialmente por el hecho de que el cuerpo flotante se inclina conforme a la dirección de la superficie de la ola, por lo que los momentos producidos por las aceleraciones horizontales se producen en una fase en la que, en su mayor parte, anulan los momentos producidos por la inclinación y gravitación. Por lo tanto, solo puede utilizarse la fuerza giroscópica.

30

[0004] El objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento mejorado y una central undimotriz que permitan resolver los problemas de las centrales energéticas undimotrices conocidas anteriormente mencionadas. El objetivo de la invención es en especial mejorar la potencia de salida efectiva y los requisitos
35 operativos previos de la central undimotriz en condiciones de olas variables. Con tal fin, la idea de la invención es crear las condiciones para que la inclinación del cuerpo y las aceleraciones horizontales coincidan en una fase en la que los momentos de inclinación/gravitación y aceleración se intensifiquen entre sí y, además, coincidan en una etapa de contrafase con el momento de la fuerza giroscópica, proporcionando así un momento alto y relativamente uniforme y una buena potencia de salida efectiva.

40

[0005] Este objetivo se consigue con el procedimiento según la invención, mediante las características descritas en la reivindicación adjunta 1. El objetivo también se consigue mediante la central undimotriz de acuerdo con la invención, conforme a las características descritas en la reivindicación adjunta 8. Las reivindicaciones dependientes describen realizaciones preferidas de la invención.

45

[0006] La central undimotriz según la invención produce una potencia de salida relativamente uniforme con una buena eficiencia independientemente del tamaño de la ola, porque las dimensiones de longitud y altura de las olas naturales típicas que se producen con mayor frecuencia son más o menos constantes.

50 **[0007]** En la invención, la inclinación del cuerpo flotante es causada de modo desviado de la dirección de la superficie de la ola por medio de los flujos internos de la ola, que se dirigen a la parte sumergida del cuerpo. Dicha parte sumergida del cuerpo se extiende hacia abajo con tal profundidad que los flujos opuestos internos de la ola se producen a distintas alturas del cuerpo, en diferentes lados del cuerpo. En este caso, el momento de inclinación y el momento de aceleración se intensifican entre sí y coinciden en una etapa de contrafase con el momento del
55 giroscopio.

[0008] En la central undimotriz de acuerdo con la invención, un rotor adecuado para la toma de fuerza gravitacional puede ser sustancialmente más ligero que, por ejemplo, en la central undimotriz que se describe en la publicación WO2010/034888, ya que una parte del par motor del rotor se genera por el momento del impulso

(momento de giro angular) del giroscopio. Con la invención se consigue en particular una gran ventaja respecto a las centrales de energía undimotriz conocidas debido al hecho de que los momentos producidos por la inclinación y la aceleración se sintetizan en el par motor de una masa muerta y el par motor generado por el giroscopio y el par motor generado por la masa muerta se alternan durante la revolución del rotor y cada par motor actúa dos veces durante una revolución, por lo que se obtienen pares motores repetidos típicamente a intervalos aproximados de 90 °, cuyo objetivo es hacer girar al rotor en la misma dirección de rotación. La dirección de rotación del giroscopio determina la dirección de rotación del rotor, que es por tanto seleccionable.

10 **[0009]** Cuando se diseña el cuerpo como una pared vertical o inclinada sumergida con suficiente profundidad, mediante la utilización de los flujos internos de la ola, la fase de inclinación del cuerpo puede hacerse de manera que también se pueda utilizar el momento producido por la aceleración horizontal, algo que no es posible con cuerpos flotantes acordes con la dirección de la superficie de la ola. Por medio de la invención también se obtiene un par motor lo más uniforme y eficiente posible durante toda la revolución.

15 **[0010]** La invención se describe más detalladamente a continuación, con referencia a los dibujos adjuntos, donde:

Figura 1 muestra una vista lateral esquemática del cuerpo de la central undimotriz de acuerdo con una realización de la invención;

20 Figura 2 muestra una vista frontal del cuerpo conforme a la Figura 1;

Figura 3 muestra una vista superior del cuerpo conforme a la Figura 1;

Figura 4 muestra una vista posterior oblicua desde arriba del cuerpo conforme a la Figura 1;

25 **[0011]** Figura 5 muestra una vista superior esquemática de las unidades de central energética de la central undimotriz según una realización de la invención;

Figura 6 muestra una vista en perspectiva de un rotor (sin cuerpo flotante) comprendido en la unidad de central energética de la central undimotriz según otra realización de la invención;

Figura 7 muestra un dispositivo de control relativo a la central undimotriz de la Figura 6; y

Figura 8 muestra los diferentes componentes del par motor generado por la central undimotriz según la invención como una función de la posición del rotor en la revolución.

[0011] Las figuras 1 a 4 muestran una vista esquemática, en principio, de una realización preferida del cuerpo 1 de la central undimotriz. El cuerpo 1 es una pared fundamentalmente vertical o que, cuando está en funcionamiento, se inclina por lo general en la dirección de entrada de la ola, y que está en su mayor parte por debajo del nivel del agua W, pero con la parte superior por encima del nivel del agua. La forma de pared y la posición fundamentalmente vertical o inclinada del cuerpo convierten la energía de flujo de las olas en energía cinética del cuerpo de manera eficiente y en una gran área de superficie. El calado del cuerpo 1 está dimensionado preferentemente para corresponder a 0,5 x la longitud de la ola funcional más pequeña deseada, igualando así el movimiento de dicha ola en la dirección vertical. La dimensión vertical de la parte sumergida del cuerpo es típicamente mayor que la dimensión horizontal de la sección transversal. En la realización preferida presentada, la forma general de la sección transversal del cuerpo es un triángulo, cuyo lado más corto 16 está por encima del nivel del agua y con uno de sus lados largos en forma de letra S muy poco pronunciada. El cuerpo se estrecha hacia abajo y más del 80 % de la altura del cuerpo está sumergida cuando el cuerpo está en aguas tranquilas. En la realización de ejemplo conforme a las figuras, la parte superior 21 de la parte frontal del cuerpo 1 hacia la principal dirección de entrada de las olas A está diseñada para curvarse hacia delante y la parte inferior 22 para curvarse hacia atrás, formando de esta manera una letra S muy poco pronunciada en sección transversal. En tal caso, la ola de propagación se encuentra con la ola de la parte superior e inferior del cuerpo en diferentes fases, de modo que, cuando la ola se propaga, el extremo superior y el extremo inferior del dispositivo están en su mayor parte en diferentes fases de la ola. En estas zonas se generan entonces fuerzas y movimiento en direcciones opuestas, debido a la flotabilidad y al movimiento cinético (flujo) de la ola. En una ola pequeña, prácticamente no hay movimiento de olas en la parte inferior del dispositivo, tras lo cual el agua estacionaria resiste el movimiento de esa parte. El propósito del diseño de la parte superior es que la variación en la flotabilidad causada por el movimiento vertical de la ola junto con la variación de presión causada por el movimiento cinético mueva la parte superior del cuerpo en diferentes direcciones por fases: hacia arriba, hacia atrás, hacia abajo y hacia delante. Cuando la parte inferior está en contacto con una parte de una ola

que está al menos en su mayoría en una fase diferente, la fuerza generada por este cambio de presión cinética (flujo) la mueve principalmente en dirección opuesta respecto a la parte superior. Cuando el rotor 3 está situado en la parte superior del cuerpo 1 y el punto de anclaje 33 en la parte inferior del cuerpo, se dirigen sustanciales aceleraciones horizontales hacia el rotor cuando el cuerpo se inclina debido al efecto del flujo interno de la ola. La superficie superior 16 del cuerpo 1 está cerrada.

[0012] La realización mostrada comprende dos de las unidades descritas más de cerca en las figuras 5 y 6. El anclaje se fija preferentemente en una posición de bajo movimiento 33 en la parte inferior del dispositivo, por lo que las fuerzas y movimientos de anclaje son fáciles de controlar. La fuerza de anclaje participa en la consecución del movimiento del cuerpo y la generación de la fuerza y su energía se recupera. En el caso del ejemplo, el anclaje se lleva a cabo con pesos 30 suspendidos por debajo del dispositivo. Unidos a los pesos están dispuestos, extendidos transversalmente, unos medios de anclaje alargados 31 que están sujetos al fondo de la zona de instalación de la central undimotriz. Los pesos dan flexibilidad al anclaje y forman un pivote inferior 32 para el sistema en caso de que haya olas grandes. Con olas pequeñas, el pivote está en el punto de anclaje 33 del cuerpo. Con esta disposición, el sistema se ajusta a las energías generadas por olas de diferentes tamaños. Los movimientos en el sistema son muy pequeños y también las variaciones de fuerza siguen siendo moderadas. Además de la forma esférica mostrada en las figuras, los pesos de anclaje también pueden tener, por ejemplo, forma plana o de disco, lo que mejora la utilización de la fuerza de anclaje en la creación de movimiento y la producción de energía.

[0013] Los pesos de anclaje 30 son, preferentemente, huecos, por ejemplo rellenos en parte de hormigón y en parte de aire, de modo que floten durante el transporte. Cuando la cavidad se llena de agua, los pesos se hunden y al mismo tiempo tiran de la central de energía flotante en la posición correcta. Cuando se retira el dispositivo, las cavidades de los pesos se llenan de aire, por lo que volverán a flotar para facilitar su transporte. La propia central de energía es izada también entonces hasta acercarse a la superficie, en posición horizontal, en cuyo caso su calado es pequeño, lo que facilita, por ejemplo, el atraque. Las fuerzas de anclaje se utilizan en la producción de energía. La fuerza es principalmente opuesta a la dirección de movimiento (fuerza) de la parte frontal superior del cuerpo, lo que aumenta la producción de energía por su parte.

[0014] La interconexión del cable eléctrico (no mostrado) con el cuerpo también está preferentemente situada en una posición de bajo movimiento cerca del punto de anclaje y se dirige hacia el fondo del mar siguiendo las líneas de anclaje para minimizar los movimientos de modo que su desgaste sea mínimo. El dispositivo se puede hacer grande porque su anchura es seleccionable. La potencia de salida puede alcanzar varios megavatios, al formar la irregularidad de la ola cierto límite de la anchura del cuerpo. La altura del cuerpo puede estar, por ejemplo, dentro del intervalo de 10 a 40 m, preferentemente entre 15 y 25 m, y su longitud, por ejemplo, dentro del intervalo de 30 a 100 m, preferentemente entre 50 y 75 m. Estos son solo ejemplos de las dimensiones del dispositivo que describen su orden de magnitud para posibilitar una elevada potencia de salida. Es posible un gran tamaño porque las fuerzas se convierten en energía eléctrica dentro de un cuerpo cerrado.

[0015] La contrafuerza de la fuerza de la ola en la generación del par motor es la gravitación y la fuerza giroscópica, así como la fuerza de la inercia que resiste principalmente las aceleraciones horizontales. Los puntos máximos de la gravitación y la fuerza giroscópica se alternan y las fuerzas se producen simultáneamente. Las fuerzas utilizadas para producir electricidad (fuerza gravitacional, fuerza giroscópica y aceleración variable en diferentes direcciones generadas por el movimiento de las olas) se producen dentro del cuerpo cerrado. Esto posibilita un mecanismo simple que está protegido del ambiente marino y del agua del mar. No hay mecanismos de movimiento fuera del cuerpo cerrado.

[0016] Las dimensiones del dispositivo en altura y en dirección lateral son grandes en comparación con el tamaño de la ola, con lo cual se pueden utilizar las fases opuestas de la ola. El dispositivo utiliza simultáneamente la flotabilidad cambiante y la energía cinética de la ola en todas las direcciones. Para utilizar la flotabilidad cambiante, es decir, las aceleraciones verticales, es preferible colocar el eje del rotor vertical 2 ligeramente hacia un lado, en posición inclinada.

[0017] El dispositivo tiene preferentemente una rampa de atraque para recibir de forma segura a una embarcación de servicio. Desde la parte superior de la rampa hacia atrás, se extiende un cabo flotante que se utiliza a través de un cabrestante para facilitar el amarre. En el lado de la dirección de entrada de la ola, enfrente de la rampa, hay una cubierta 34 a través de la cual se proporciona una entrada de servicio.

[0018] En la realización mostrada en la Figura 5, un cuerpo flotante alargado 1 se balancea en torno al eje de rotación alargado B del cuerpo. El eje de rotación B está a una distancia sustancial por debajo del plano orbital de

los rotores de la unidad central eléctrica. Esa distancia es al menos tan larga como el brazo del rotor o preferentemente su múltiplo, de manera que puedan utilizarse eficientemente las aceleraciones horizontales. Ese no es un eje de rotación real, ya que en condiciones de olas diferentes y con distintas formas de anclaje, la ubicación del eje de rotación B puede variar y también puede moverse durante el balanceo. Lo fundamental es que, como resultado de la inclinación del cuerpo, el plano orbital del rotor 3 se inclina respecto al plano horizontal y, al mismo tiempo, se dirigen aceleraciones recíprocas al rotor 3. Debido al diseño del cuerpo flotante como una pared vertical profundamente sumergida, el momento producido por la inclinación y la gravedad y el momento producido por la aceleración horizontal se producen esencialmente al mismo tiempo y en la misma dirección. Su momento sumado se alterna con el momento producido por el giroscopio, como se muestra en la Figura 8. Dimensionando los momentos adecuadamente con otro, la suma obtenida de los tres momentos es un momento sumado que actúa de modo relativamente uniforme. Pueden influir en el dimensionado, por ejemplo, la masa del rotor y la longitud del brazo del rotor, así como la masa y la velocidad de rotación del giroscopio. Durante la operación de la central undimotriz, la sincronización mutua y la magnitud de los momentos pueden verse influenciados por la regulación de la velocidad de rotación del giroscopio y mediante el ajuste de la posición angular del rotor respecto a la dirección de inclinación. Este último se puede ajustar mediante la carga del generador y también mediante el control de la velocidad de rotación del giroscopio.

[0019] En la Figura 5, la dirección de entrada de las olas A es perpendicular al eje de rotación B del cuerpo 1. En el cuerpo se colocan dos o más unidades de central eléctrica que convierten la energía de las olas en electricidad. Ambas unidades de central eléctrica comprenden un rotor 3 que gira por lo general alrededor de un eje del rotor 2 principalmente vertical. El rotor 3 comprende un giroscopio 5 que gira por lo general alrededor de un eje giroscópico principalmente horizontal 4. El giroscopio 5 y el eje giroscópico 4 giran alrededor del eje del rotor 2 con el rotor 3. El generador 6 está conectado para girar junto con el giroscopio. El rotor 3 comprende una masa M, cuyo centro de gravedad está a cierta distancia del eje del rotor 2, con lo cual, cuando el cuerpo se inclina, la masa M y el giroscopio 5 generan alternativamente un par motor paralelo en el rotor 3, como se describe con mayor detalle a continuación. La masa M está conectada al eje del rotor 2 por un brazo rotatorio 10 esencialmente paralelo al eje de rotación 4 del giroscopio. El giroscopio 5 y el generador 6 forman la masa muerta M en parte o en su totalidad.

[0020] El generador 6 está situado en el eje giroscópico 4 o conectado para ser accionado por el eje giroscópico. El extremo exterior del rotor 3, que está a cierta distancia del eje del rotor 2, está provisto de una ruedecilla 8 en la que descansa el extremo exterior del rotor y que gira sin deslizamiento a lo largo de una trayectoria circular 9 que rodea al eje del rotor 2 coaxialmente. La ruedecilla 8, el giroscopio 5 y el generador 6 están conectados para girar juntos. Pueden estar en el mismo eje o conectados entre sí con ratios de transmisión adecuados. El ratio de transmisión debe ser suficiente para dar al giroscopio una velocidad de rotación que sea al menos 20 veces, típicamente 40-100 veces, la velocidad de rotación del rotor. En esta realización, contrariamente a la realización de las figuras 5 y 6 descritas a continuación, la velocidad de rotación del giroscopio es constante respecto a la velocidad de rotación del rotor 3 alrededor del eje del rotor 2 y correspondientemente constante respecto al período de las olas. En esta realización, solo se requiere un generador 6 en cada unidad de la central de energía. El giroscopio 5 y el generador 6 pueden estar situados cerca del extremo exterior del rotor, con lo que forman una parte esencial de la masa M que hace girar al rotor en función de la gravedad, cuando la masa intenta moverse en la dirección en la que se inclina el cuerpo.

[0021] El momento de impulso del giroscopio 5 al girar también genera un par motor que mejora la rotación del rotor 3 cuando el balanceo del cuerpo 1 hace girar al eje giroscópico 4, con lo cual la fuerza de precesión genera un par motor en el rotor, cuya dirección está en un ángulo de 90 grados respecto a la dirección de giro. La dirección de rotación del giroscopio debe ser tal que el giroscopio, por así decirlo, gire/avance en la dirección de rotación del rotor.

[0022] Cuando el ángulo de inclinación del cuerpo 1 está en su máxima amplitud y su dirección de balanceo gira, el rotor tiene preferentemente la dirección que se muestra en la Figura 1, que es la misma que la dirección del eje de rotación B. En este caso, el ángulo entre la dirección del rotor y la dirección de inclinación del cuerpo, es decir, el llamado retardo de fase, es de 90 grados. Dicho de otro modo, el rotor tiene un desfase de 90 grados (detrás) respecto a la inclinación del cuerpo. La masa M proporciona entonces el mejor par motor debido al efecto de la gravedad. El giroscopio 5, por otra parte, no afecta al par motor del rotor 3 en el plano de la trayectoria 9 en esta etapa, debido a que el eje de rotación B y el eje giroscópico 4 son paralelos. El momento que produce la aceleración horizontal está entonces en su máximo nivel, debido a que la dirección de inclinación cambia, es decir, la desaceleración pasa a ser aceleración. Debido a la altura vertical del cuerpo y a la sumersión, el cuerpo se inclina forzado por los flujos internos de la ola en una fase diferente de la que sería si se inclinara en la dirección de la superficie. Como consecuencia, el momento de la aceleración horizontal se produce esencialmente en la misma fase

que el momento producido por la inclinación, con lo que se intensifican y no se anulan entre sí como en las soluciones conocidas.

[0023] Cuando el rotor 3 continúa girando hacia la dirección en la que el eje giroscópico 4 es perpendicular al eje de rotación B, el movimiento de balanceo hace girar el eje giroscópico cada vez más rápido. El cambio de dirección del eje giroscópico 4 está en su nivel más rápido cuando el eje 4 es perpendicular al eje de rotación B, con lo cual el momento de la fuerza giroscópica impulsa al rotor con su fuerza máxima en la dirección de la trayectoria 9. El movimiento de balanceo del cuerpo está entonces en su nivel más rápido y el plano de la trayectoria es esencialmente horizontal. En tal caso, la masa M no aumenta el par motor. Los pares motores de la fuerza giroscópica y la masa, por lo tanto, se alternan a intervalos angulares de 90 grados y están, respectivamente, en su máximo nivel a intervalos angulares de 180 grados, es decir, ambos dos veces durante una revolución del rotor.

[0024] De este modo, la operación más potente se logra cuando el mencionado retardo de fase se ajusta a 90 grados. En las formas intermedias, el momento producido por la masa y el momento producido por el giroscopio en el rotor es proporcional al seno del retardo de fase. El retardo de fase se puede ajustar mediante el ajuste de la carga del generador 6. En la operación de la central undimotriz, se puede ajustar de este modo su potencia de salida variando el retardo de fase entre 0 y 90 grados y además ajustando la velocidad de rotación del giroscopio. En las condiciones de funcionamiento, es preferible mantener el valor de ajuste del retardo de fase dentro del intervalo de 90 a 60 grados. En otras palabras, en la posición extrema de inclinación del cuerpo, el objetivo es mantener la dirección del rotor 3 y del eje giroscópico 4 en un ángulo de 0 a 40 grados respecto al eje de rotación B.

[0025] La unidad de la central energética según la Figura 6 se diferencia de la unidad de central de energía de la Figura 1 principalmente en que el generador real de toma de fuerza 7 está montado en el eje de rotor 2. Una máquina eléctrica 6' montada en el eje giroscópico 4 funciona principalmente como motor, por medio del cual se proporciona al giroscopio 5 la velocidad de rotación deseada, que se regula, por ejemplo, por medio del dispositivo de regulación que representa la Figura 3 (que se describe con mayor detalle a continuación). El principio fundamental es que, cuanto más fuertes sean las olas, mayor será la velocidad de rotación proporcionada al giroscopio 5. Así pues, el giroscopio actúa como regulador del peso muerto o masa M, que controla el funcionamiento de la central en función de la fuerza de las olas. La solución de la Figura 2 difiere de la Figura 1 también en que la rotación del giroscopio 5 y la máquina eléctrica 6' no está conectada a la rotación de la ruedecilla 8 que gira en la trayectoria 9, como en la Figura 1, sino que su rotación está regulada para la finalidad anteriormente mencionada.

[0026] Se puede adaptar la frecuencia del balanceo del cuerpo a la frecuencia de la ola regulando la velocidad del giroscopio 5 y el ángulo de fase α del rotor respecto a la inclinación del cuerpo. Ambas cosas proporcionan una capacidad de ajuste ventajosa y de amplia gama.

[0027] Para el dispositivo de control representado en la Figura 7, se introducen como datos de partida las aceleraciones X, Y y Z del cuerpo de la central undimotriz, la dirección o el ángulo de dirección α del rotor 3 respecto a la dirección de entrada de las olas A, es decir, la normal del eje de rotación B con inclinación máxima del cuerpo, y la velocidad angular ω del giroscopio. Las aceleraciones X e Y se determinan alineadas con el centro de gravedad de la masa del rotor, mientras el eje Z se fija de manera que sea paralelo al eje del rotor. Partiendo de las aceleraciones X, Y y Z y del ángulo de dirección α del rotor, la unidad 12 calcula el par dinámico, por medio del cual la masa M debe hacer girar el rotor alrededor del eje 2. Para un funcionamiento óptimo, también es importante conocer el retardo de fase del ángulo de dirección α del rotor, es decir, el ángulo entre la resultante de las aceleraciones X e Y y el ángulo de dirección α . Esto se calcula en la unidad de control 13 en función de la dirección resultante X-Y dada por la unidad de detección de movimiento 14. Si el balanceo es uniaxial, como en la Figura 5, basta con detectar solo la magnitud del ángulo de inclinación y la dirección y magnitud de la aceleración respecto a un eje de rotación B. Partiendo del par motor y del retardo de fase, la unidad 15 da al convertidor 11 una señal de control por medio de la cual el convertidor regula la carga del generador 7 de tal manera que el rotor gire acorde con las olas y que el retardo de fase sea el que se desee, como, por ejemplo, 90 grados. Además, el retardo de fase recibido de la unidad de control 13 es un dato de entrada para la parte del convertidor 11 que regula la velocidad de rotación del giroscopio 5 a través de la máquina eléctrica 6'. El funcionamiento del convertidor 11 puede estar basado en convertidores de frecuencia. El generador 7 suministra energía eléctrica a la red y, si es necesario, también directamente a la máquina eléctrica o motor 6'. Al menos en la situación de puesta en marcha, el motor 6' también es alimentado por la red eléctrica. Cuando el giroscopio se frena, el motor 6' puede funcionar como generador y suministrar energía eléctrica a la red eléctrica.

[0028] En las realizaciones mostradas, el giroscopio 5 está situado excéntricamente respecto al eje 2, por lo que

forma parte de la masa M excéntrica del rotor. El giroscopio 5 también puede estar situado concéntricamente en el eje del rotor 2 que, sin embargo, aumenta el peso total de la unidad de central energética, porque en tal caso se requiere un aumento correspondiente de masa muerta a cierta distancia del eje 2. La dirección del eje 2 cambia a diferentes lados de la dirección vertical en función del grado de inclinación del cuerpo. Puede decirse, por lo tanto, 5 que el eje 2 es, por lo general, principalmente vertical. De la misma manera, el eje giroscópico 4 es, por lo general, principalmente horizontal. Cuando la central de energía se encuentra en aguas tranquilas, el eje 2 es esencialmente vertical y el eje 4 esencialmente horizontal. El eje 2 puede, sin embargo, estar ligeramente inclinado hacia un lado o en la dirección delante-detrás con el fin de poder utilizar mejor las aceleraciones verticales.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para convertir la energía de las olas en energía eléctrica por medio de una central undimotriz, que comprende un cuerpo flotante (1), un rotor (3) que se apoya en el cuerpo y gira alrededor de un eje de rotor (2) que, por lo general, es vertical o está ligeramente inclinado hacia un lado, un giroscopio (5) que gira alrededor de un eje giroscópico (4), que, por lo general, es horizontal, donde el giroscopio y el eje giroscópico giran con el rotor alrededor del eje del rotor (2), y al menos un generador (6), que está conectado para girar junto con el giroscopio o el rotor, incluyendo el procedimiento las siguientes etapas:
- 5 el cuerpo flotante es balanceado por las olas al ritmo de las olas el giroscopio (5) gira alrededor del eje giroscópico (4)
- la inclinación del eje giroscópico (4) respecto al plano horizontal es causada por el movimiento de balanceo, y
- 15 la rotación del rotor (3) está influenciada por el par motor del giroscopio (5),
- que se deriva de la inclinación del eje giroscópico, **caracterizado por que**, por medio de la masa (M) del rotor, se producen momentos que hacen girar al rotor en la misma dirección y en la misma fase, por un lado por medio del momento de inclinación generado por la inclinación del cuerpo y la gravitación,
- 20 y por otro lado por medio del momento de aceleración generado por la aceleración horizontal del eje del rotor (2), que dicha inclinación y aceleración son causadas por el balanceo del cuerpo en una dirección que se desvía de la dirección de balanceo de acuerdo con la dirección de la superficie de la ola, que se consigue dirigiendo los flujos internos de la ola hacia la parte sumergida del cuerpo (1), que es principalmente vertical o, cuando está en
- 25 funcionamiento, una pared inclinada, por lo general, en la dirección de entrada de las olas, que es transversal a la dirección de desplazamiento de las olas, que la parte inferior del cuerpo es influenciada por la fuerza de anclaje que contribuye a inclinar el cuerpo y causar la aceleración, y que el momento generado por la fuerza giroscópica se utiliza para igualar dichos momentos de inclinación y aceleración durante la revolución y la energía cinética del giroscopio se emplea como reserva de energía para igualar la potencia efectiva de la central undimotriz.
- 30 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la aceleración horizontal se aumenta moviendo el nivel de la trayectoria orbital de la masa hacia arriba a una distancia al menos igual al radio de la trayectoria orbital del eje de rotación del cuerpo.
- 35 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** el giroscopio es girado a una velocidad de rotación que es más de 20 veces, preferentemente más de 40 veces, superior a la velocidad de rotación del rotor.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** el retardo de fase de la rotación del rotor, es decir, el ángulo entre la dirección (α) del rotor y la dirección de la inclinación del cuerpo se ajusta de tal manera que el pico del par motor del giroscopio coincida con el punto mínimo de los momentos de inclinación y aceleración.
- 45 5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** el retardo de fase de la rotación del rotor, es decir, el ángulo entre la dirección (α) del rotor y la dirección de la inclinación del cuerpo se ajusta mediante el ajuste de la carga del generador (6, 7).
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** el retardo de fase, es decir, el valor de ajuste de la dirección del rotor, es ajustable dentro de un intervalo de 0 a 90 grados y el
- 50 objetivo es mantener la dirección (α) del rotor (3) entre 0 y 90 grados, preferentemente de 60 a 90 grados, detrás de la dirección de rotación del cuerpo (1).
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** la potencia de salida de la central undimotriz se ajusta variando el retardo de fase, es decir, el ángulo entre la dirección (α) del rotor
- 55 y la dirección de inclinación del cuerpo en el intervalo de 0 a 90 grados y, además, regulando la velocidad de rotación del giroscopio.
8. Central undimotriz, que comprende un cuerpo flotante (1), un rotor (3) que se apoya en el cuerpo y gira alrededor de un eje del rotor (2), que es, por lo general, vertical o está ligeramente inclinado hacia un lado, un

- giroscopio (5) que gira alrededor de un eje giroscópico (4), que es, por lo general, horizontal, donde el giroscopio y el eje giroscópico giran con el rotor alrededor del eje del rotor (2) y al menos un generador (6, 7), que está conectado para girar junto con el giroscopio o el rotor, **caracterizada por que** la parte sumergida del cuerpo (1) es una pared principalmente vertical o, cuando está en funcionamiento, inclinada, por lo general, en la dirección de entrada de la ola, que es transversal a la dirección de desplazamiento de las olas y se extiende tan profundamente que los flujos internos de la ola que se producen a diferentes alturas del cuerpo hacen que el cuerpo se incline en una dirección que se desvía de la dirección de balanceo según la dirección de la superficie de la ola, que el rotor se encuentra en la parte superior del cuerpo y el punto de anclaje en la parte inferior del cuerpo para utilizar la fuerza de anclaje para producir el movimiento del cuerpo, que el rotor (3) comprende una masa (M), cuyo centro de gravedad está a cierta distancia del eje del rotor (2) y el plano orbital de la trayectoria orbital de dicho centro de gravedad está al menos a dicha distancia del punto de anclaje (33) del cuerpo, con lo que, cuando el cuerpo se inclina, la masa genera pares motores de cofase por el efecto tanto de la gravedad como de la aceleración horizontal del eje del rotor con el fin de hacer girar el rotor y que el giroscopio está dispuesto para ser utilizado como equalizador de dichos pares motores durante la revolución y como reserva de energía para igualar la potencia efectiva de la central undimotriz.
9. Central undimotriz según la reivindicación 8, **caracterizada por que** el giroscopio (5) está colocado para ser girado a una velocidad de rotación que es más de 20 veces, preferentemente más de 40 veces, superior a la velocidad de rotación del rotor, y que la velocidad de rotación del giroscopio está dispuesta para ser ajustable activamente en cada revolución del rotor.
10. Central undimotriz según la reivindicación 8 o 9, **caracterizada por que** la masa (M) está conectada al eje del rotor (2) por un brazo (10) esencialmente paralelo al eje de rotación (4) del giroscopio.
11. Central undimotriz según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizada por que** el generador (6) está situado en el eje giroscópico (4) o conectado para ser accionado por el eje giroscópico, y el extremo exterior del rotor (3), que está a cierta distancia del eje del rotor (2), está provisto de una ruedecilla (8) en la que descansa el extremo exterior del rotor y que gira a lo largo de una trayectoria circular (9) que rodea al eje del rotor (2) coaxialmente.
12. Central undimotriz según la reivindicación 11, **caracterizada por que** la ruedecilla (8), el giroscopio (5) y el generador (6) están conectados para girar juntos.
13. Central undimotriz según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, **caracterizada por que** la carga del generador está dispuesta para ser ajustada por un dispositivo de control que determina el retardo de fase de la dirección del rotor, es decir, el ángulo entre la dirección (α) del rotor y la dirección de inclinación del cuerpo, y que el valor de ajuste del retardo de fase es ajustable.
14. Central undimotriz según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, **caracterizada por que**, cuando la central undimotriz está en funcionamiento, el cuerpo alargado (1) se balancea respecto a un eje de rotación (B), que la central undimotriz comprende un dispositivo de control con el que la carga del generador y/o la velocidad de rotación del giroscopio están dispuestos para ser ajustados, y que, en la posición extrema de inclinación del cuerpo, el objetivo es mantener la dirección del rotor (3) y del eje giroscópico (4) en un ángulo de 0 a 40 grados respecto al eje de rotación (B), es decir, que el valor de ajuste del ángulo entre la dirección del rotor y la dirección de inclinación del cuerpo, es decir, del retardo de fase, es de 90 a 60 grados.
15. Central undimotriz según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 14, **caracterizada por que** la forma general de la sección transversal del cuerpo es un triángulo, cuyo lado más corto (16) está por encima del nivel del agua y con uno de sus lados largos en forma de letra S muy poco pronunciada, que el cuerpo se estrecha hacia abajo y más del 80 % de la altura del cuerpo está por debajo del nivel del agua (W) cuando el cuerpo está anclado y listo para su uso en aguas tranquilas.

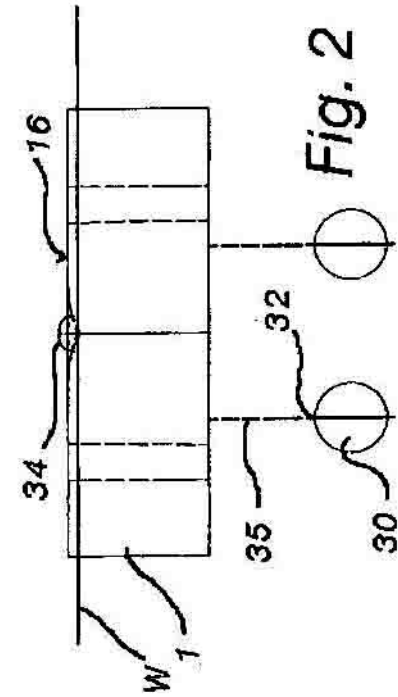


Fig. 1

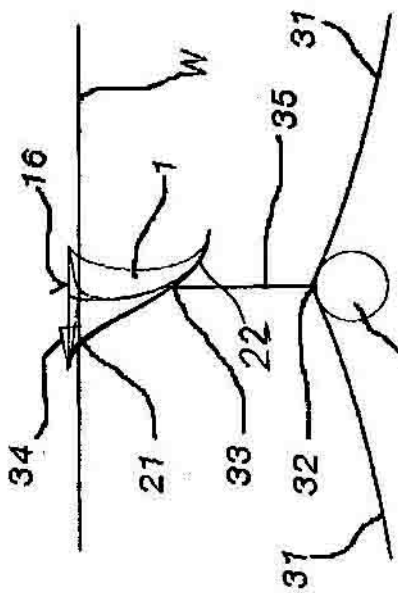


Fig. 2

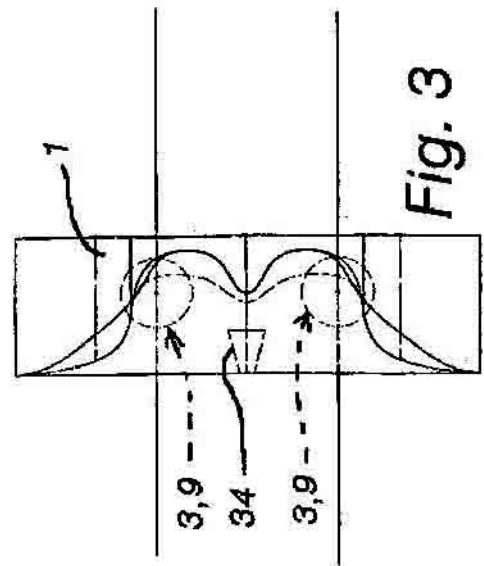


Fig. 3

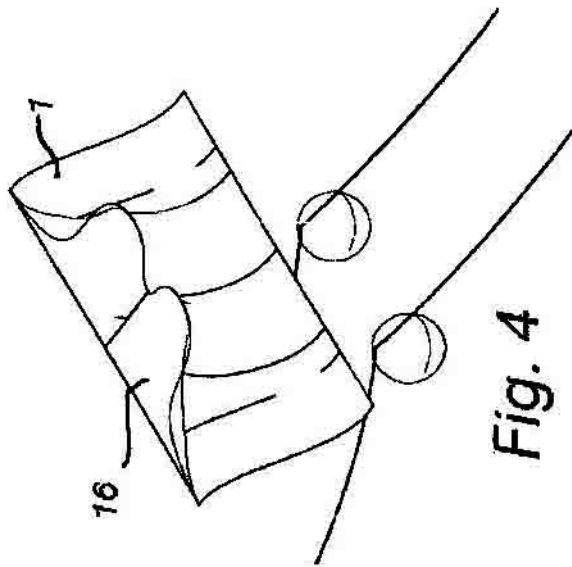


Fig. 4

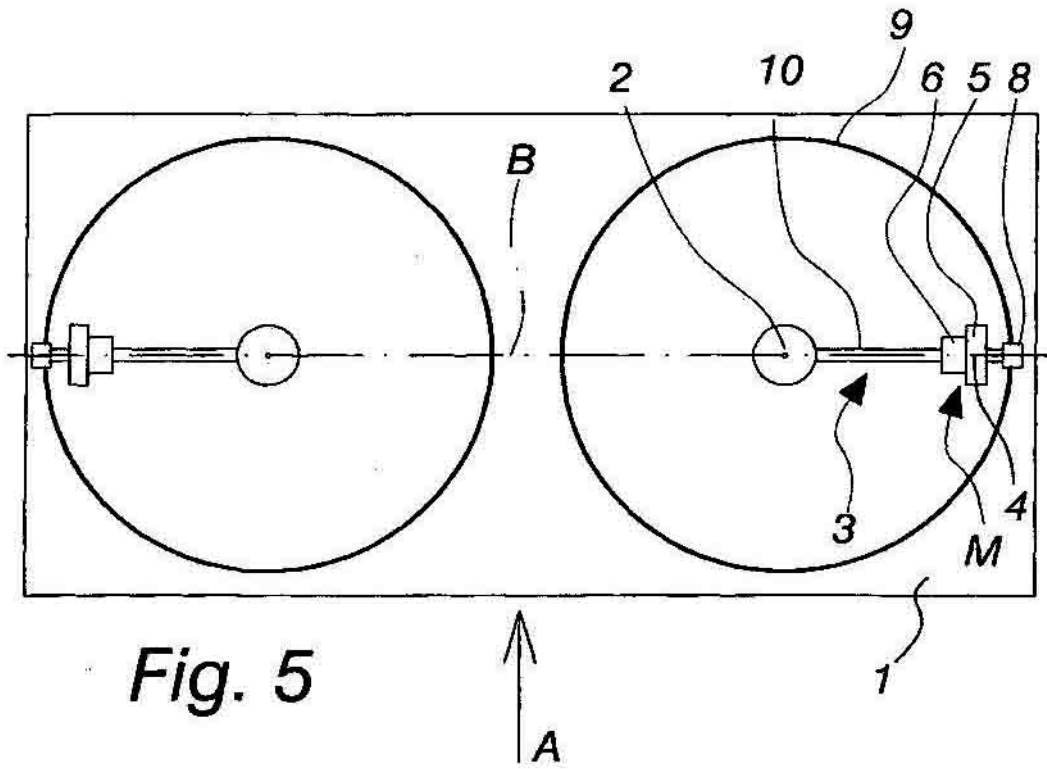


Fig. 5

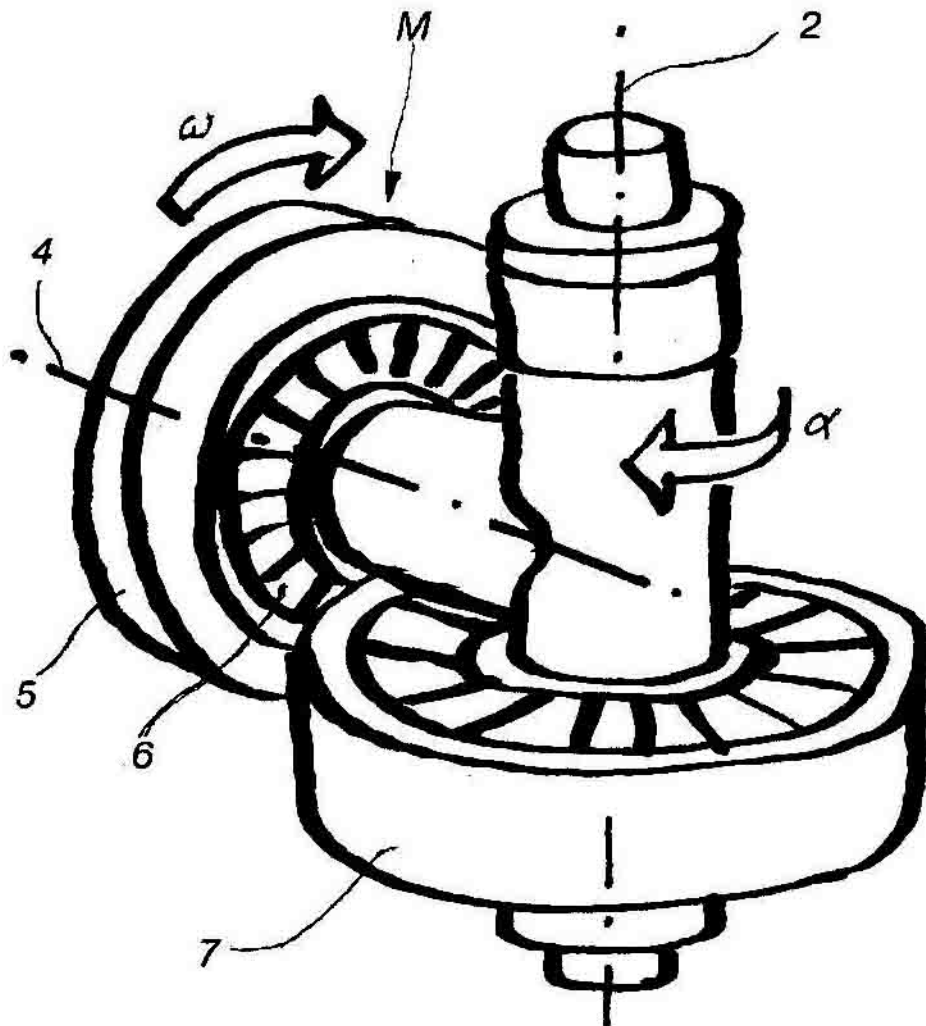


Fig. 6

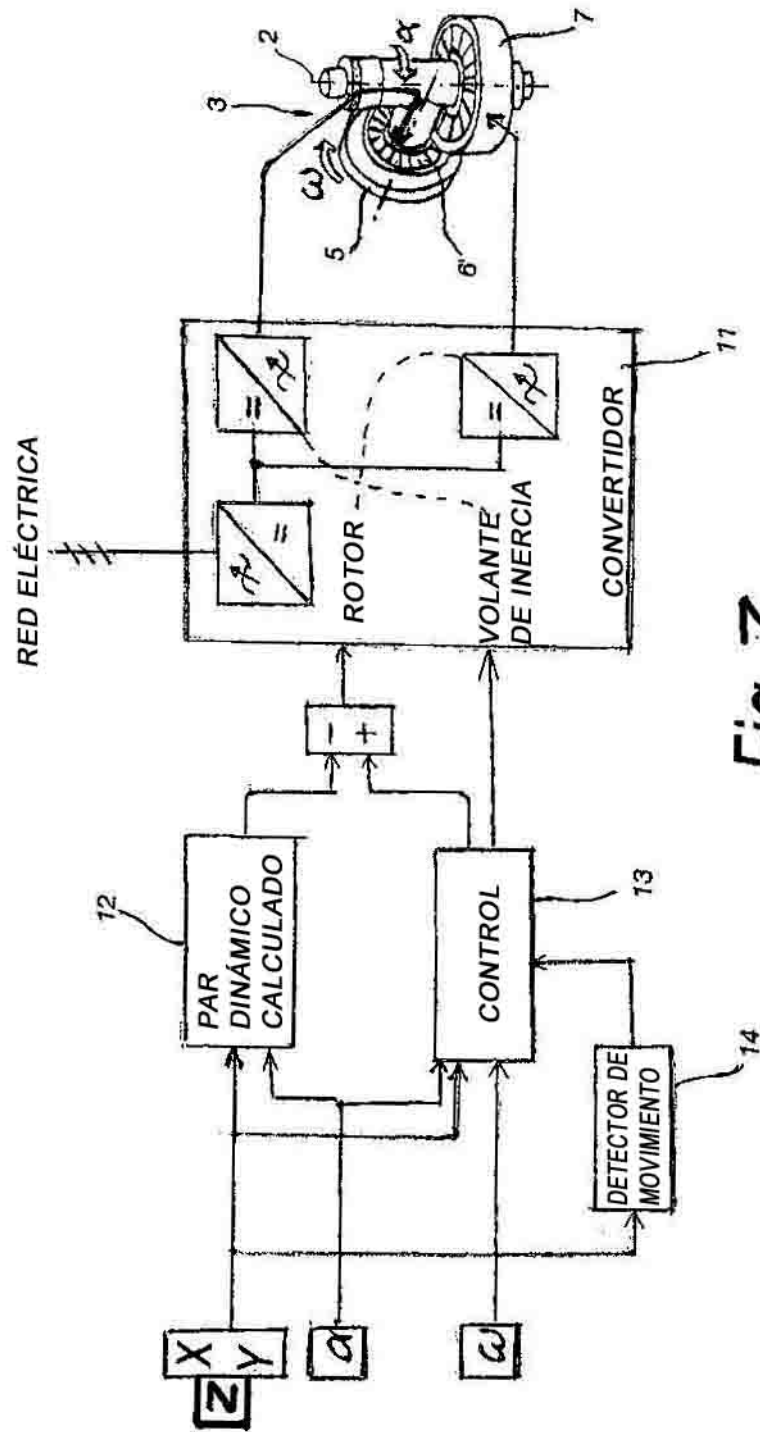


Fig. 7

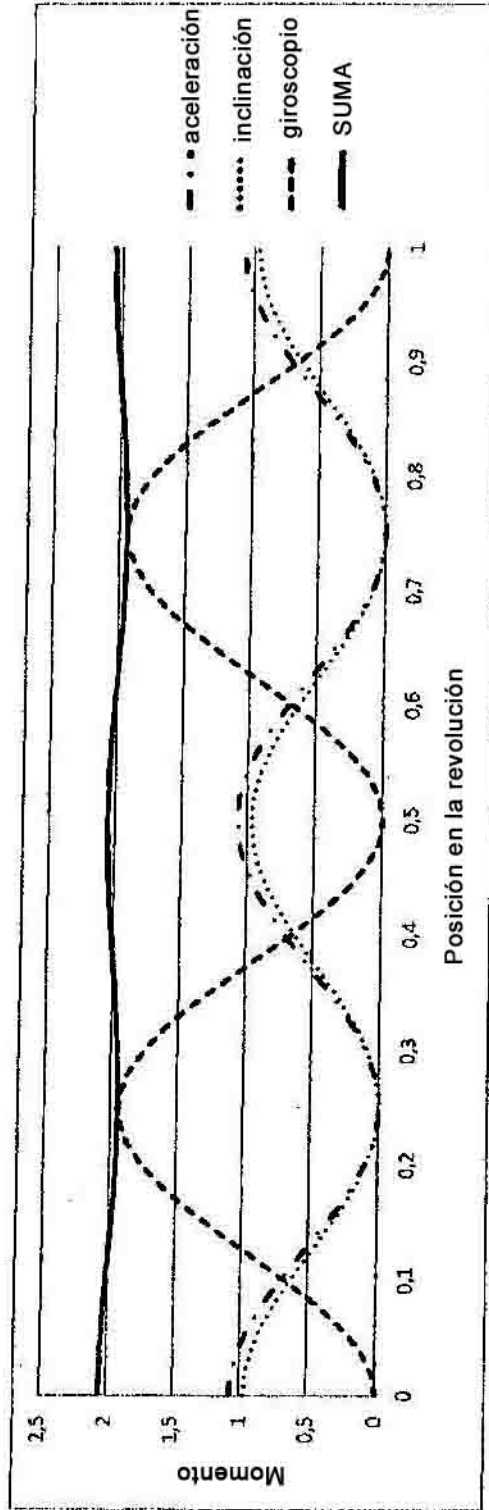


Fig. 8