

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 579 703**

51 Int. Cl.:

F03D 13/20 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.04.2013 E 13720466 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.03.2016 EP 2841769**

54 Título: **Eólica sobre soporte flotante estabilizada por un sistema de anclaje sobreelevado**

30 Prioridad:

27.04.2012 FR 1201253

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

16.08.2016

73 Titular/es:

**IFP ENERGIES NOUVELLES (100.0%)
1 & 4, Avenue de Bois-Préau
92852 Rueil-Malmaison Cedex, FR**

72 Inventor/es:

**AVERBUCH, DANIEL;
POIRETTE, YANN y
PERDRIZET, TIMOTHEE**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 579 703 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).

DESCRIPCION

Eólica sobre soporte flotante estabilizada por un sistema de anclaje sobreelevado

5 El objeto de esta invención se refiere a las eólicas instaladas en el mar sobre un soporte flotante y más particularmente a los sistemas de estabilización del soporte flotante a las fuerzas generadas por el viento sobre el aerogenerador.

10 En el caso de una eólica convencional de potencia 5MW, la cubierta del mecanismo puede llevar un rotor constituido por tres aspas (por ejemplo de longitud aproximadamente 60 m) que acciona por mediación de un reductor de velocidad la parte giratoria de un electrogenerador y accesorios tales como el sistema de orientación de las aspas, transformadores eléctricos, un sistema hidráulico, un sistema de ventilación. La estructura de la cubierta del mecanismo se basa en una corona de orientación soportada por el mástil.

El plano del rotor está orientado frente al viento. Para ello la cubierta del mecanismo es móvil en rotación con relación al eje del mástil, mediante el accionamiento de uno (o de varios) engranajes motorizados, que cooperan con una corona dentada. El conjunto de una cubierta del mecanismo puede pesar del orden de las 200 a 300 toneladas.

15 El mástil, de altura aproximada a los 100 m, que soporta la cubierta del mecanismo se apoya en un soporte flotante mantenido por líneas de anclaje, en el caso de profundidades de agua superiores a los 50 m.

20 Las eólicas flotantes comprenden sistemas de soportes flotantes y de anclaje de diversas naturalezas, sistemas de los cuales una de las funciones es limitar los movimientos y aceleraciones a nivel de la turbina, bajo el efecto del entorno marino (viento, corriente, oleaje). Sin embargo, la problemática particular de las eólicas flotantes es que un momento de inversión importante es creado por la fuerza de empuje del rotor en funcionamiento, que se aplica aproximadamente a nivel de la cubierta del mecanismo. Cuando la eólica está parada, la fuerza de empuje se reduce y su punto de aplicación se desplaza hacia abajo.

25 En efecto, el rotor de la eólica está sometido a numerosas fuerzas y tensiones relacionadas con la velocidad del viento. Eso se traduce por un empuje sobre el rotor soportado por un tope giratorio. Esta fuerza de empuje orientada según la dirección del viento, tiene un valor que depende del ángulo de las aspas (paso o "pitch") con relación a la dirección del viento.

Uno de los parámetros importantes para el dimensionado de una eólica flotante es la inclinación del flotador (por consiguiente del rotor), no pudiendo las eólicas funcionar más allá de inclinaciones relativamente moderadas (típicamente algunos grados).

30 Es por consiguiente necesario concebir un flotador y su sistema de anclaje, con el fin de limitar la inclinación y la base y con mayor motivo los movimientos de cabeceo y de balanceo.

35 Se conocen soportes flotantes de todo tipo (semi-sumergible, «spar», o TLP), dimensionados para limitar el cabeceo y el balanceo bajo el efecto particularmente del par de inversión creado por la eólica. Estos flotadores se basan respectivamente en la creación de un momento de reacción bajo la acción de las fuerzas hidrostáticas, del peso o de la tensión de los anclajes. Así, en los sistemas eólicos de la técnica anterior, el flotador proporciona la rigidez hidrostática necesaria para limitar la inclinación bajo el efecto de las cargas.

El documento DE 102008029982 muestra un sistema típico del estado de la técnica.

Sin embargo, el hecho de jugar con las dimensiones de los flotadores, puede crear, según las condiciones de utilización, sobredimensionamientos, incluso subdimensionamientos en condiciones excepcionales (fuertes vientos,...).

40 El objeto de la presente invención consiste en proponer una disposición particular de los medios de anclaje, con el fin de limitar la inclinación y la base así como los movimientos de cabeceo y de balanceo bajo el efecto particularmente del par de inversión creado por la eólica para un soporte flotante dado.

45 De forma general, la presente invención se refiere a un sistema eólico que comprende una eólica que se apoya sobre un soporte flotante, y medios de anclaje del sistema conectado con dicho sistema mediante puntos de fijación. El sistema comprende además medios de sobreelevación de los indicados puntos de fijación por encima de una línea de flotación de dicho soporte flotante, sobreelevando los medios de sobreelevación los puntos de fijación a una altura con relación a la línea de flotación determinada para contrarrestar el momento de inversión de la eólica sometida a un viento de velocidad dada.

Según la invención, los puntos de fijación pueden estar por encima de la altura de la borda del soporte flotante.

Según un modo de realización, los medios de sobreelevación comprenden vigas, o vigas y cables. Las vigas pueden ser soportes metálicos tubulares, o soportes metálicos de sección variable, o realizadas en enrejado.

Según un modo de realización, los medios de sobreelevación están conectados mecánicamente con el mástil de la eólica.

- 5 Según otro modo de realización, los medios de sobreelevación están conectados mecánicamente entre sí mediante vigas o cables, para atirantar en la flexión los indicados medios de sobreelevación.

Según la invención, los medios de sobreelevación pueden estar constituidos por una extensión de las columnas del flotador.

Por último, los puntos de fijación pueden estar situados a alturas diferentes.

- 10 La invención se comprenderá mejor y sus ventajas aparecerán más claramente con la lectura de los ejemplos dados a continuación, en modo alguno limitativos, e ilustrados por las figuras anexadas a continuación, entre las cuales:

- la figura 1 muestra esquemáticamente un ejemplo de sistema eólico según la invención.
- la figura 2 ilustra el principio de la invención mostrando las fuerzas y el momento de inversión de la eólica
- la figura 3 ilustra medios de sobreelevación que comprenden vigas (PO), o vigas y cables.
- 15 - la figura 4 ilustra medios de sobreelevación conectados con el mástil de la eólica mediante medios mecánicos (CO), tales como vigas o cables.
- la figura 5 ilustra medios de sobreelevación conectados mecánicamente entre si por vigas o cables (LP), para atirantar en la flexión los medios de sobreelevación,
- la figura 6 ilustra medios de sobreelevación constituidos por una extensión de las columnas del flotador, en forma de enrejado por ejemplo.
- 20 - la figura 7 ilustra medios de sobreelevación constituidos por sistemas mecánicos fijados al mástil, para conectar directamente los medios de anclaje al mástil y no al soporte flotante.
- la figura 8 ilustra un modo de realización donde el sistema comprende puntos de fijación de los medios de anclaje a diferentes alturas.
- 25 - la figura 9 muestra el impacto de la altura (H) del punto de fijación en la inclinación (PS) para tres masas lineicas diferentes.

La figura 1 ilustra un ejemplo de sistema eólico (1) montado en el mar, según la invención. Un sistema de este tipo comprende una eólica (2), un soporte flotante (3) sobre el cual se apoya la eólica, y medios de anclaje (4) del sistema. Los medios de anclaje están conectados al sistema mediante puntos de fijación, clásicamente a nivel del soporte flotante.

Para luchar contra el momento de inversión de la eólica (M_H) creado por la acción (fuerza horizontal F) de un viento de velocidad V sobre la eólica, sin aumentar por ello el tamaño (B) del soporte flotante, se añaden a este sistema medios de sobreelevación (5) de los puntos de fijación por encima de la línea de flotación (LF) del flotador. Los puntos de fijación están entonces conectados a una altura H de la línea de flotación, determinándose esta altura de forma que los medios de anclaje contrarresten lo más eficazmente posible el momento de inversión de la eólica para una velocidad de viento V dada.

Se conocen numerosos tipos de soporte flotante (semi-sumergible, « spar », o TLP), y numerosos tipos de medios de anclaje (catenarias, semi-catenarias o tirantes).

Clásicamente un medio de anclaje comprende:

- 40
- un sistema de tensado, clásicamente a nivel del flotador, para tensar la línea.
 - la línea de anclaje que puede estar constituida por uno o varios tramos de cadena y/o de cable.
 - una pasteca fijada al soporte flotante bajo la línea de flotación que guía la línea a lo largo del casco hasta el sistema de tensado. Es el punto de fijación del medio de anclaje sobre el soporte flotante.
 - un medio de fijación de la línea de anclaje al lecho marino (ancla, pilotes,...)

45 Principio de la invención

El objetivo es limitar la inclinación del soporte flotante bajo el efecto del momento de inversión creado por la acción del viento sobre la eólica.

La invención está descrita en el caso de un soporte flotante de longitud B, en un plano anclado por dos anclajes y sometido a una fuerza horizontal de intensidad F, función de la velocidad V del viento, aplicado sobre la cubierta del mecanismo (ver figura 2). Esta fuerza representa el empuje del rotor bajo la acción de un viento de velocidad V.

El flotador está por consiguiente sometido a su peso P aplicado en su centro de gravedad, al empuje de Arquímedes A aplicado al centro de la carena C (centro de gravedad de la masa de agua desplazada); a las fuerzas externas y a las fuerzas de reacción de los anclajes. La posición relativa de C y P crea en los movimientos del flotador un par hidrostático que equilibra el momento de inversión unido a la acción de las fuerzas exteriores en el flotador.

- 5 Se indica con L la distancia vertical entre el punto de aplicación de la fuerza F y el centro de carena, y z la distancia vertical entre el punto de fijación de los anclajes en el flotador y el centro de carena. z es positivo si el punto de fijación se encuentra por encima del centro de la carena y negativo si se encuentra por debajo. En la figura 2, los puntos de fijación de los anclajes están situados bajo la línea de flotación.

Se analiza ahora el equilibrio del flotador anclado. El momento de inversión M_h puede representarse:

10
$$M_h = F \cdot (L - z) + (T_{v2} - T_{v1}) \cdot B / 2$$

siendo:

M_h : momento de inversión

F : intensidad de la fuerza horizontal

L : distancia vertical entre el punto de aplicación de la fuerza F y el centro de la carena

- 15 z : altura del punto de fijación al centro de la carena

T_{v2} : componente vertical de la tensión T en una línea de anclaje 2.

T_{v1} : componente vertical de la tensión T en una línea de anclaje 1.

B : longitud del soporte flotante

Para reducir el momento de inversión, es preciso reducir la distancia L-z.

- 20 Así, según la invención, se utilizan medios de sobreelevación de los puntos de fijación por encima de la línea de flotación del flotador, aumentando así la altura z. De preferencia, los medios de sobreelevación permiten posicionar los puntos de fijación por encima de la altura de la borda del soporte flotante. Se llama altura de borda la distancia entre el nivel del agua (línea de flotación) y la parte superior del soporte flotante.

- 25 Estos medios de sobreelevación están dimensionados con el fin de sobreelevar los puntos de fijación a una altura con relación a la línea de flotación determinada para contrarrestar el momento de inversión de la eólica sometida a un viento de velocidad dada.

Medios de sobreelevación

- 30 Según un modo de realización representado en la figura 3, los medios de sobreelevación comprenden vigas (PO), o vigas y cables. Las vigas pueden ser soportes metálicos tubulares, o soportes metálicos de sección variable, o realizadas en enrejado.

Según un modo de realización representado en la figura 4, los medios de sobreelevación están conectados con el mástil de la eólica por medios mecánicos (CO), tales como vigas o cables.

Según un modo de realización representado en la figura 5, los medios de sobreelevación están conectados mecánicamente entre sí mediante vigas o cables (LP), para tensar en la flexión los medios de sobreelevación.

- 35 Según un modo de realización representado en la figura 6, los medios de sobreelevación están constituidos por una extensión de las columnas del flotador, en forma de enrejados por ejemplo.

Según un modo de realización representado en la figura 7, los medios de sobreelevación están constituidos por sistemas mecánicos que permiten conectar directamente los medios de anclaje con el mástil y no con el soporte flotante.

- 40 Según un modo de realización representado en la figura 8, el sistema comprende puntos de fijaciones de los medios de anclaje a alturas diferentes. Por ejemplo, el sistema puede comprender puntos de fijación a nivel de los medios de sobreelevación, y puntos de fijación bajo la línea de flotación.

- 45 La figura 9 ilustra las ventajas del sistema según la invención provisto de sus medios de sobreelevación de los puntos de fijación, en el caso de un soporte flotante de tipo tri-flotadores. La figura 9 muestra el impacto, para una misma tensión, de la altura (H) del punto de fijación (altura medida por encima de la línea de flotación) sobre la

ES 2 579 703 T3

inclinación (PS) para tres masas linéicas diferentes (100 kg/m en línea de puntos, 450 kg/m en línea de trazo discontinuo, y 900 kg/m en línea de trazo continuo).

Se observa (figura 9) que sea cual fuere la características del anclaje (masa linéica), se reduce casi por dos, en este caso, la inclinación al montar los anclajes de 30 metros en iso pretensión.a

REIVINDICACIONES

- 5 1) Sistema eólico que comprende una eólica que se apoya sobre un soporte flotante, y medios de anclaje del sistema conectado al indicado sistema por puntos de fijación, caracterizado por que el indicado sistema comprende medios de sobreelevación de los indicados puntos de fijación por encima de una línea de flotación de dicho soporte flotante, sobreelevando los indicados medios de sobreelevación los mencionados puntos de fijación a una altura con relación a la línea de flotación determinada para contrarrestar un momento de inversión de la eólica sometida a un viento de velocidad dada.
- 2) Sistema según la reivindicación 1, caracterizado por que los indicados puntos de fijación están por encima de la altura de la borda del soporte flotante.
- 10 3) Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual los indicados medios de sobreelevación comprenden vigas, o vigas y cables.
- 4) Sistema según la reivindicación 3, en el cual las vigas son soportes metálicos tubulares, o soportes metálicos de sección variable, o realizadas en enrejado.
- 15 5) Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual los medios de sobreelevación están conectados mecánicamente al mástil de la eólica.
- 6) Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual los medios de sobreelevación están conectados mecánicamente entre sí por vigas o cables, para tensar en la flexión los indicados medios de sobreelevación.
- 7) Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual los medios de sobreelevación están constituidos por una extensión de las columnas del flotador.
- 20 8) Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual puntos de fijación están situados a alturas diferentes.

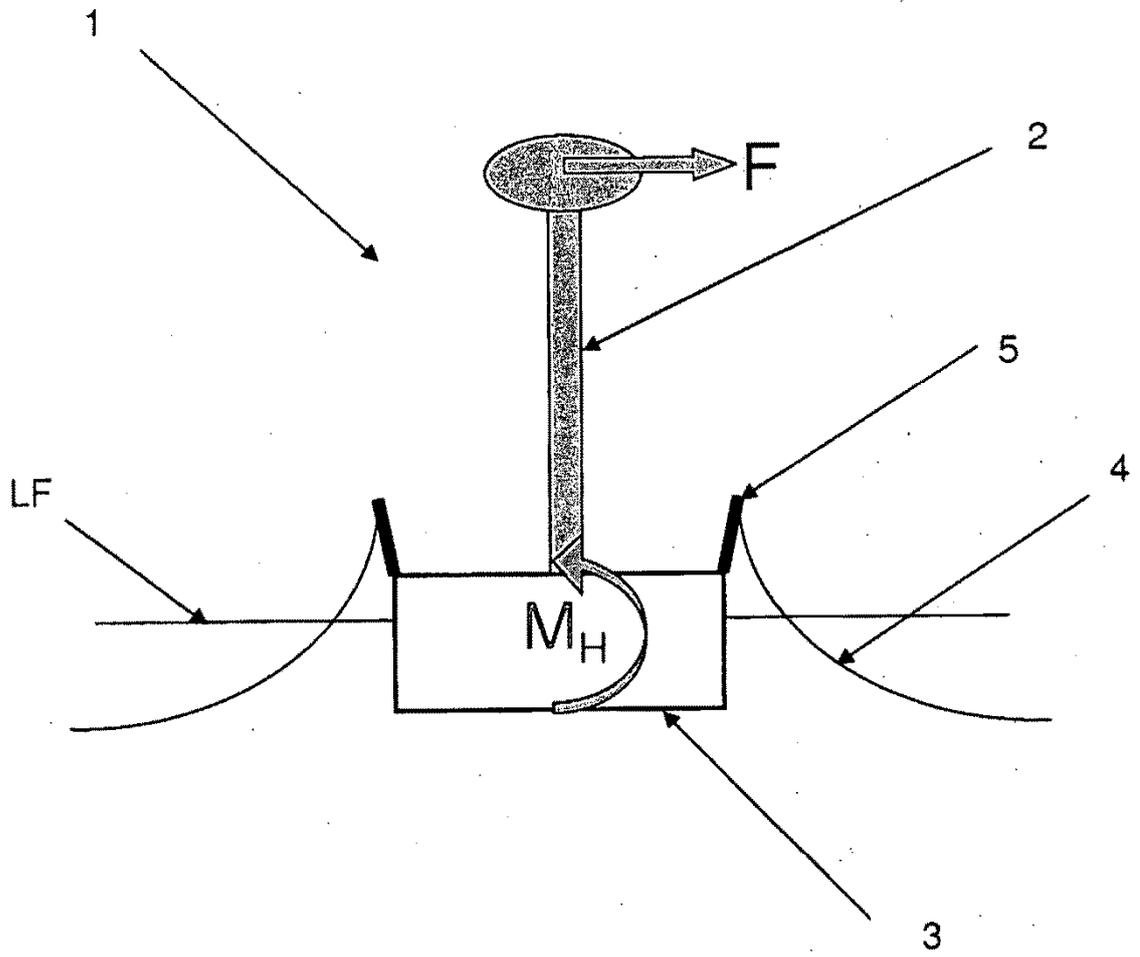


Fig. 1

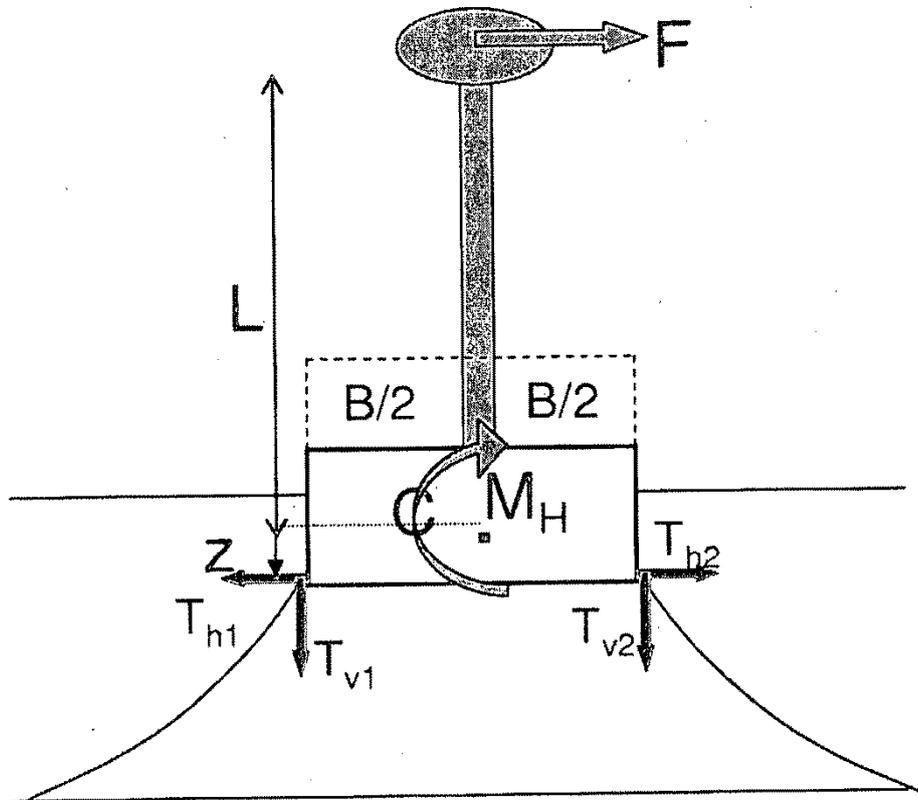


Fig. 2

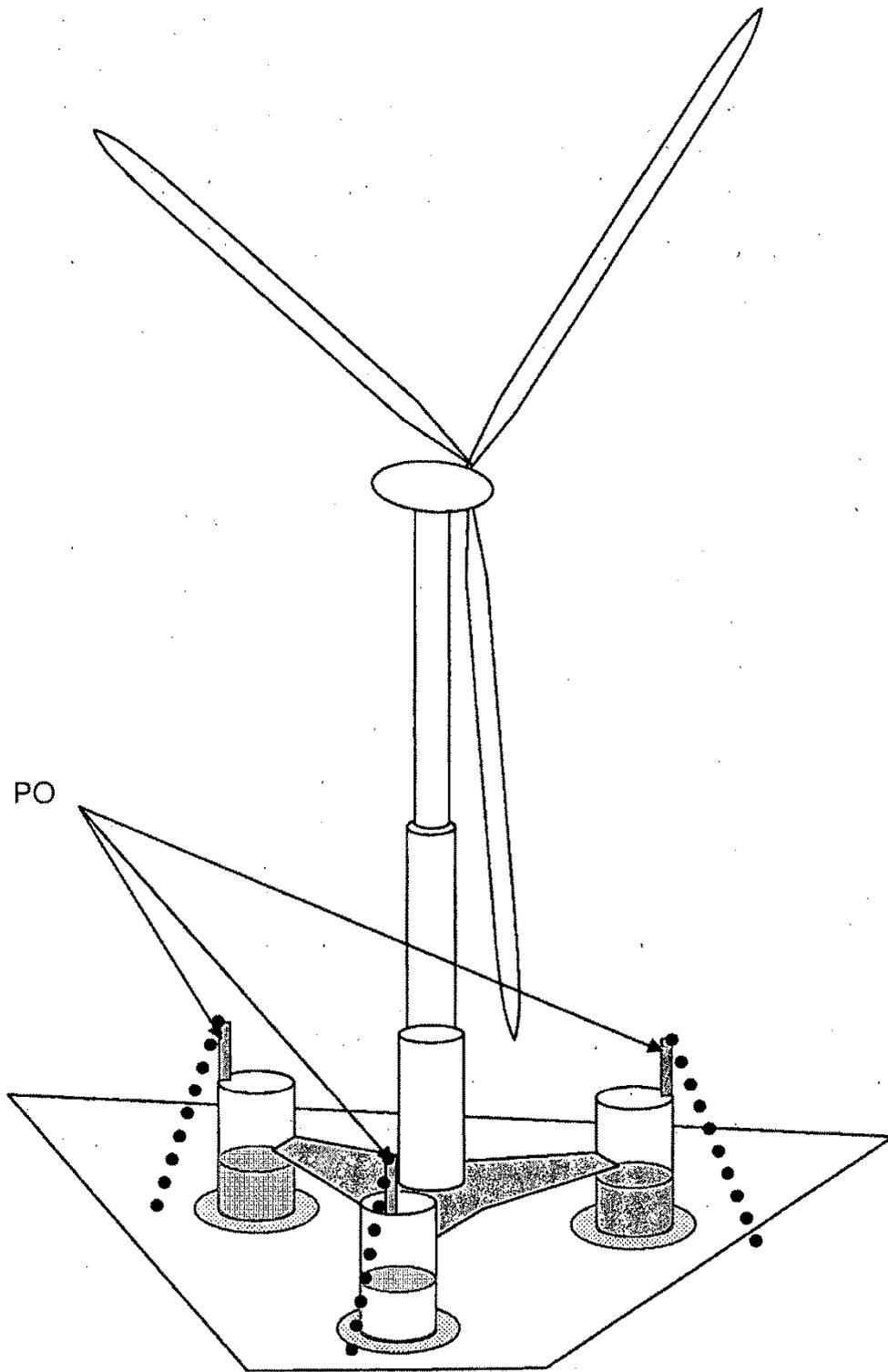


Fig. 3

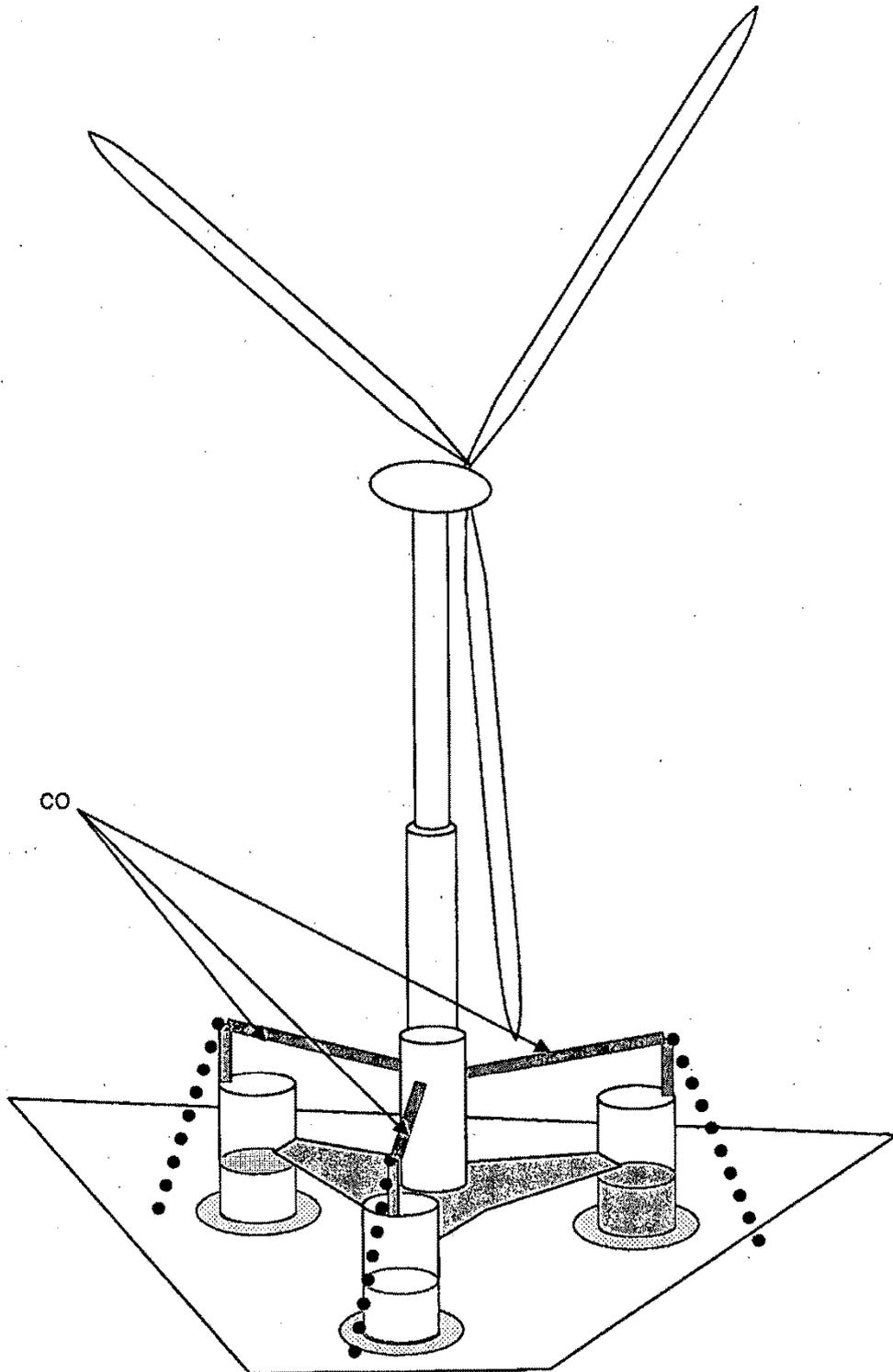


Fig. 4

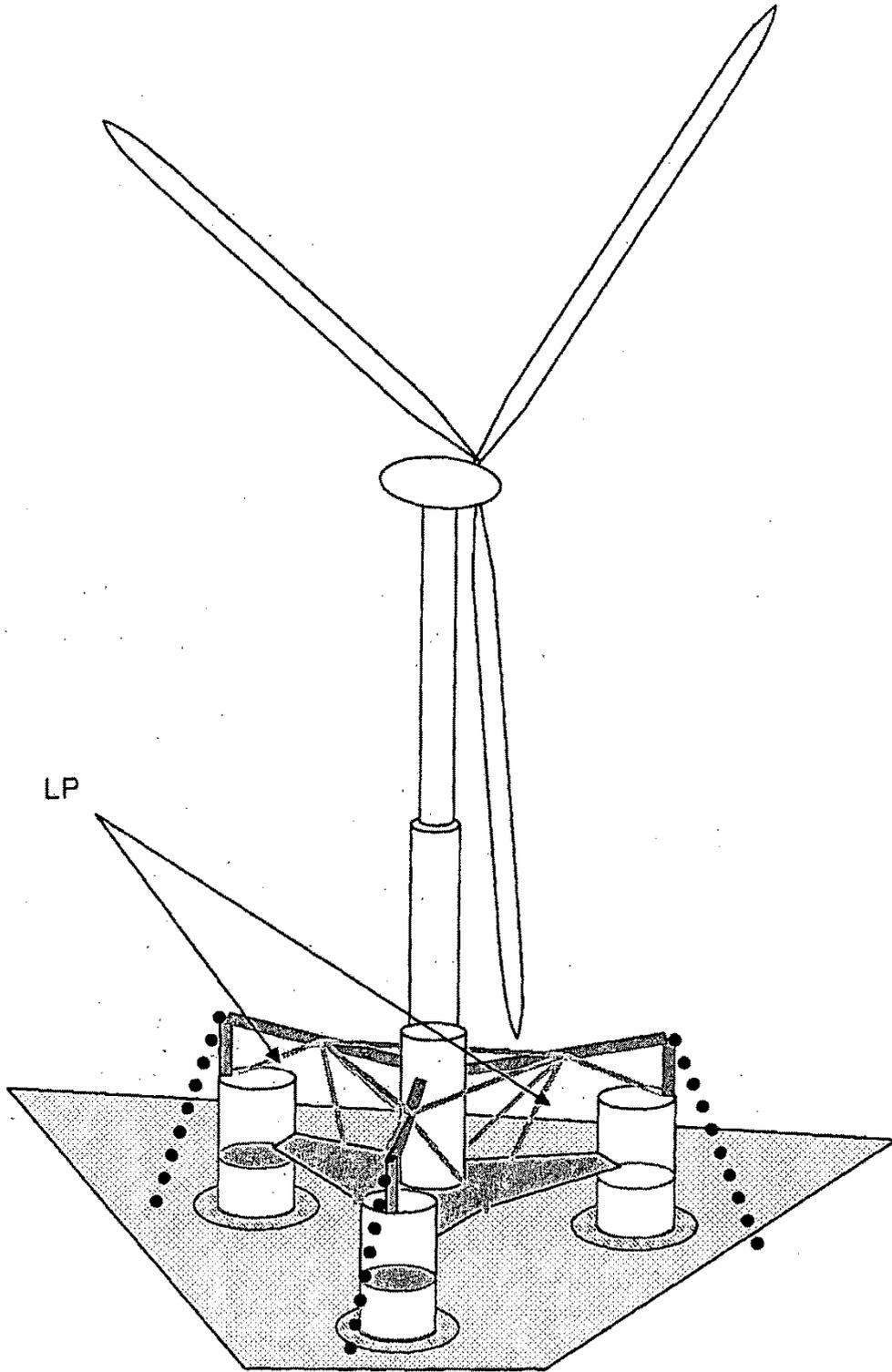


Fig. 5

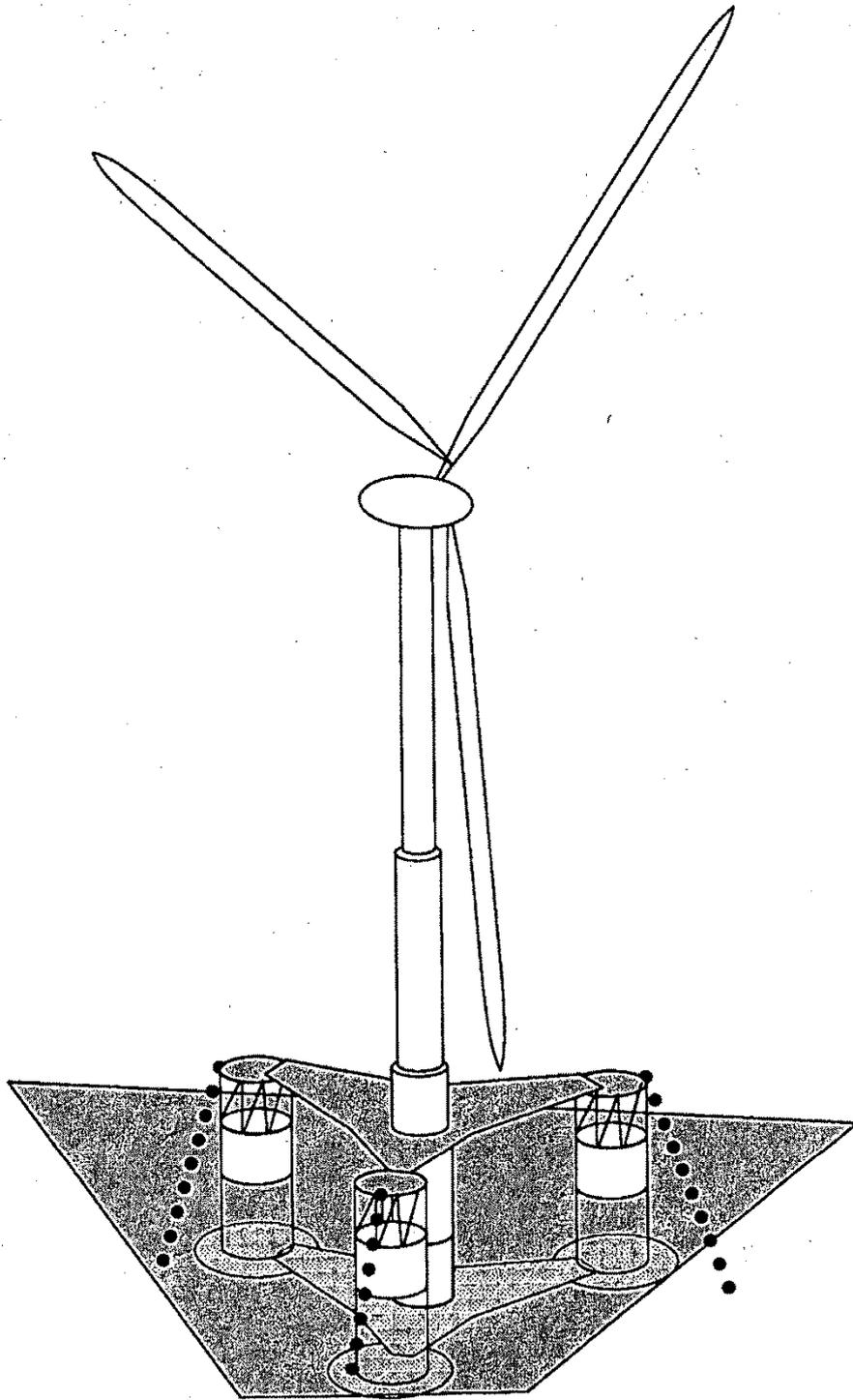


Fig. 6

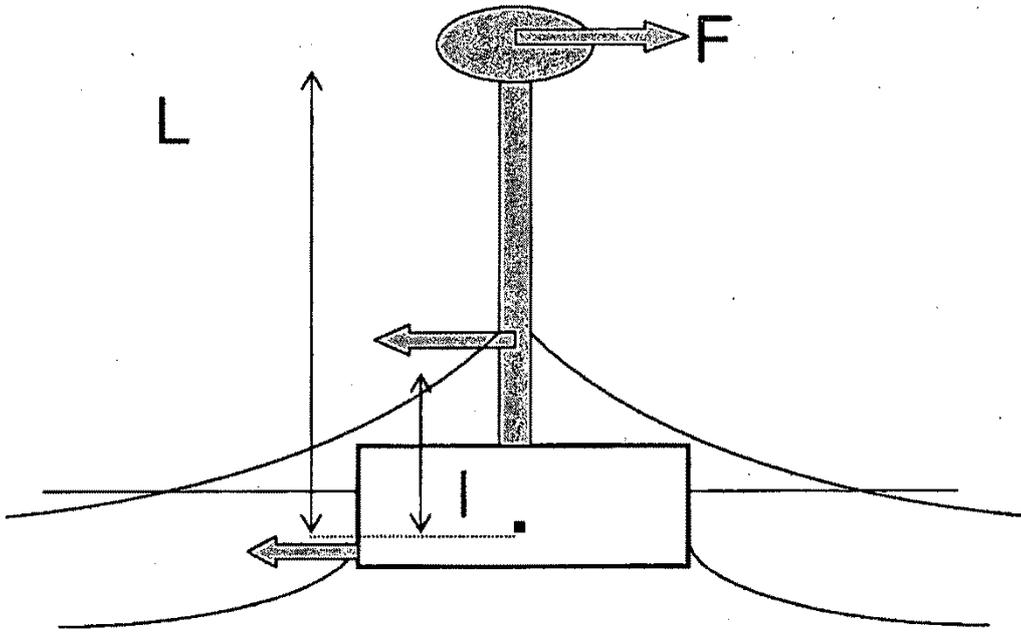


Fig. 7

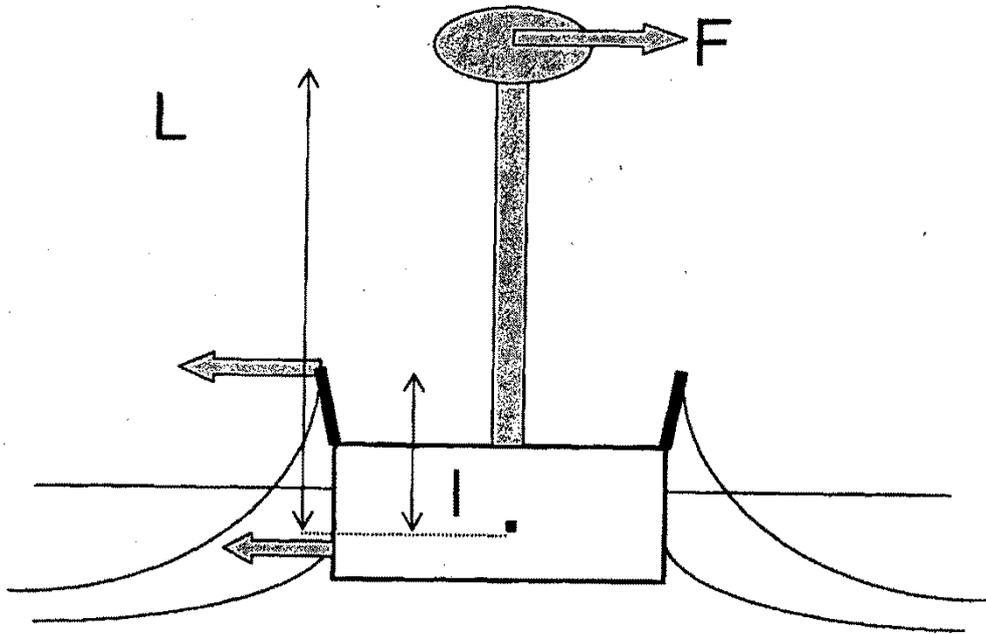


Fig. 8

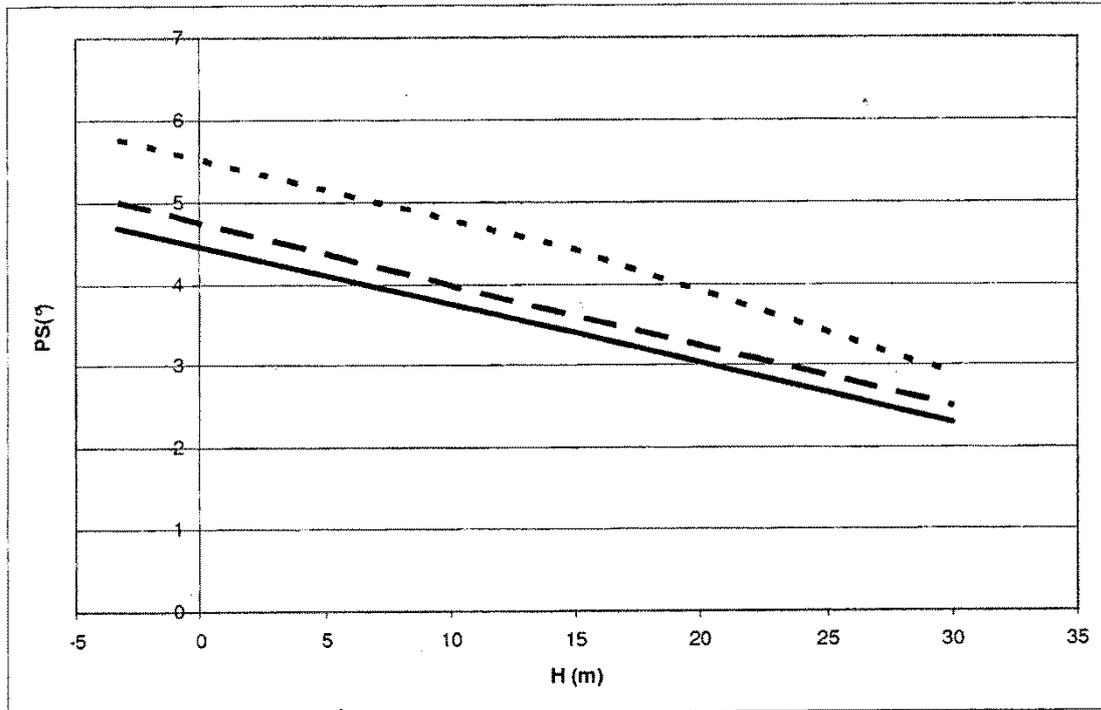


Fig. 9