

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 685 118**

51 Int. Cl.:

**H02M 7/10** (2006.01)

**F03B 13/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.12.2010 PCT/SE2010/051356**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.06.2012 WO12078084**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.12.2010 E 10860467 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.05.2018 EP 2649302**

54 Título: **Un dispositivo eléctrico y un método para una planta de energía undimotriz**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.10.2018**

73 Titular/es:  
**SEABASED AB (100.0%)  
Verkstadsgatan 4  
453 30 Lysekil, SE**

72 Inventor/es:  
**LEIJON, MATS;  
BOSTRÖM, CECILIA y  
ERIKSSON, MIKAEL**

74 Agente/Representante:  
**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 685 118 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**

Un dispositivo eléctrico y un método para una planta de energía undimotriz

**Campo de la invención**

5 La presente invención en un primer aspecto se refiere a un dispositivo eléctrico que incluye una bobina, un medio para inducir una corriente en la bobina y un circuito de puente eléctrico con un medio condensador. La invención también se refiere a una planta de energía undimotriz que incluye una pluralidad de tales dispositivos eléctricos y a una red eléctrica conectada a por lo menos uno de tales dispositivos eléctricos.

En un segundo aspecto, la invención se refiere a un uso de dicho dispositivo eléctrico.

**Antecedentes de la invención**

10 Los movimientos de las olas en el mar y en los grandes lagos en continente constituyen una fuente potencial de energía que apenas se ha explotado hasta ahora. Sin embargo, se han hecho varias sugerencias sobre el uso de los movimientos verticales del mar para producir energía eléctrica en un generador. Puesto que un punto en la superficie del mar hace un movimiento vertical alternativo, es adecuado usar un generador lineal para producir la energía eléctrica.

15 El documento WO 03/058055 describe una unidad de energía undimotriz en la que la parte móvil del generador, es decir, la parte que corresponde al rotor en un generador rotatorio y en la presente solicitud llamada traductor, se mueve en reciprocidad con respecto al estator del generador. En esa descripción, el estator está anclado en el lecho marino. El traductor es por un alambre, cable o una cadena conectado a un cuerpo flotando en el mar.

20 El documento US 2002/047273 describe un convertidor de energía undimotriz que incluye un generador eléctrico para capturar la energía contenida en las olas del océano y convertirla en energía eléctrica. Se inserta un elemento capacitivo (o inductivo) eficaz en el circuito entre la salida del generador eléctrico y una carga para lograr la resonancia con la capacitancia efectiva (inductancia) del WEC y para aumentar la eficiencia de la transferencia de energía a la carga.

25 Para una unidad de energía undimotriz de este tipo, es importante optimizar la cantidad de energía undimotriz que es absorbida por la unidad de energía undimotriz y se suministra como energía eléctrica. Esto incluye consideraciones relacionadas con los aspectos mecánicos y eléctricos del sistema. La cantidad de energía absorbida por la unidad de energía undimotriz depende de los parámetros hidrodinámicos y los factores de amortiguación del sistema de energía. El cuerpo flotante determina los parámetros hidrodinámicos y la carga, junto con el generador y el cable marítimo, genera los factores de amortiguación.

30 Una relación de captura de alta energía, definida como el cociente entre la energía extraída dividida por la energía incidente en la sección transversal del cuerpo flotante, se logra cuando la frecuencia natural de la unidad de energía undimotriz coincide con la frecuencia de onda. Por lo tanto, es deseable alcanzar un diseño de la unidad de energía undimotriz que dé como resultado dicha resonancia mecánica. Sin embargo, los diversos parámetros que deben tenerse en cuenta y otros requisitos que debe cumplir el sistema hacen que sea muy complicado optimizar la relación de captura de energía mediante el diseño de los componentes mecánicos del sistema.

35 La presente invención se centra en los componentes eléctricos del sistema. Es bien sabido que la resonancia eléctrica en un circuito eléctrico que involucra condensadores e inductores puede crear altos voltajes y alta energía, la llamada energía reactiva. Sin embargo, dado que esto puede causar daños tanto a los generadores tradicionales como a otros componentes de energía eléctrica, generalmente se evita la resonancia eléctrica en sistemas y redes eléctricas. Por lo tanto, existe un gran potencial para la conversión de energía mejorada en la superación de los efectos perjudiciales de la resonancia eléctrica en un circuito eléctrico. El objetivo de la invención es, por lo tanto, aumentar la relación de captura de energía de un dispositivo eléctrico que puede usarse como unidad de energía undimotriz para producir energía eléctrica.

**Resumen de la invención**

45 El objeto de la presente invención es logrado porque un dispositivo eléctrico del tipo especificado en la introducción incluye las características específicas de un circuito de suministro eléctrico, en lo sucesivo también denominado circuito de puente eléctrico o simplemente circuito de puente, incluye un medio condensador que tiene una capacitancia para obtener resonancia con la inductancia de la bobina.

50 La resonancia eléctrica ocurre cuando  $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ . Sin embargo, la resonancia especificada para el circuito de puente se debe interpretar para significar no solo resonancia exacta sino también una desviación de hasta el 10% de ese valor. La resonancia también da como resultado una alta amortiguación del generador. Si los componentes están dimensionados adecuadamente, esta resonancia aumentará la relación de captura de energía del sistema. La resonancia eléctrica obtenida con la presente invención ofrece, por lo tanto, una alternativa efectiva y menos complicada que las medidas mecánicas para proporcionar resonancia con la frecuencia de onda o establece un

complemento para tales medidas mecánicas.

5 Aquí se describe un dispositivo eléctrico configurado para ser utilizado como unidad de energía undimotriz que comprende una bobina, un generador, que es un generador lineal que tiene un traductor alternativo como parte móvil, una fuente de accionamiento alimentada por ondas de viento o por las olas del mar, cuya fuente de  
10 accionamiento está en conexión de accionamiento con la parte móvil del generador. El dispositivo comprende otros medios para inducir una corriente en la bobina y un circuito de puente eléctrico, donde el circuito de puente eléctrico incluye un medio condensador que tiene una capacitancia adaptada para obtener resonancia eléctrica con la inductancia de la bobina, de modo tal que la resonancia eléctrica coincide con una frecuencia de onda de las ondas de viento u olas del mar. La bobina es la bobina del estator del generador y los medios para inducir corriente en la bobina son imanes en una parte móvil del generador. El circuito de puente incluye un IGBT a través del cual la bobina se conecta a una carga eléctrica, y además incluye una primera ramificación en paralelo al IGBT y una segunda ramificación en paralelo a la bobina. La primera y la segunda ramificaciones incluyen un condensador cada una, por lo que un semiconductor está ubicado entre la primera y la segunda ramificación.

15 Por lo tanto, la alta energía reactiva creada en resonancia, al menos en parte, se puede utilizar como energía activa. Normalmente, la energía reactiva en un circuito de resonancia simplemente se transferirá entre la inductancia y la capacitancia. Al proporcionar semiconductores en el circuito de puente para el control de fase, una parte de esta energía puede ser dirigida a la carga y ser utilizada. Esto contribuirá aún más a aumentar la energía de salida del dispositivo eléctrico.

De acuerdo con una realización adicional, los medios semiconductores incluyen uno o más diodos.

20 De acuerdo con una realización preferida adicional, los medios semiconductores incluyen uno o más tiristores.

De acuerdo con una realización preferida adicional, los medios semiconductores incluyen uno o más transistores bipolares de puerta aislada (IGBTs).

25 Por lo tanto, se pueden usar componentes pasivos o activos en el circuito de puente, por lo que los aspectos de coste y los aspectos de calidad determinarán qué tipo se utiliza. Por supuesto, se pueden usar diodos, tiristores e IGBTs en combinación.

La realización anterior se refiere a la disposición del circuito de puente y da como resultado una transferencia muy efectiva de la energía que, de otro modo, se perdería como energía de reacción en energía activa en la carga.

De acuerdo con una realización preferida adicional, la bobina es una bobina de múltiples fases, tal como una bobina trifásica.

30 De este modo, el dispositivo eléctrico se adaptará fácilmente para suministrar energía a la red.

De acuerdo con una realización preferida adicional, el puente se conecta a una carga eléctrica.

De acuerdo con una realización preferida adicional, el dispositivo eléctrico incluye un transformador y/o un cable de corriente continua de alta tensión (HVDC).

35 De acuerdo con una realización preferida adicional, la fuente de accionamiento es un cuerpo flotante conectado mecánicamente al traductor por medios de conexión flexibles.

La invención también se refiere a una planta de energía undimotriz que incluye una pluralidad de dispositivos eléctricos de acuerdo con la presente invención, en particular a cualquiera de las realizaciones preferidas de la misma.

40 La invención también se refiere a una red eléctrica que comprende un dispositivo eléctrico según la presente invención, en particular a cualquiera de las realizaciones preferidas de la misma.

En el segundo aspecto de la invención, el dispositivo eléctrico se usa para producir energía eléctrica y suministrar energía a una red eléctrica.

45 La planta de energía undimotriz, la red eléctrica y el uso tienen todas las ventajas correspondientes a las del dispositivo eléctrico de acuerdo con la invención y las realizaciones preferidas de las mismas, que se han descrito anteriormente.

Las realizaciones preferidas descritas anteriormente de la invención se especifican en las reivindicaciones dependientes. Debe entenderse que las realizaciones preferidas adicionales, por supuesto, pueden estar constituidas por cualquier combinación posible de las realizaciones preferidas anteriores y por cualquier combinación posible de estas y características mencionadas en la descripción de ejemplos a continuación.

50 La invención se explicará adicionalmente a través de la siguiente descripción detallada de los ejemplos de la misma, y con referencia a los dibujos adjuntos.

**Breve descripción de los dibujos**

La Fig. 1 es una vista lateral de un dispositivo eléctrico de acuerdo con la presente invención, aquí representado por una unidad de energía undimotriz.

La Fig. 2 es una sección a través de una parte de un detalle del generador del dispositivo eléctrico en la Fig. 1.

5 La Fig. 3 ilustra un circuito de puente de acuerdo con un ejemplo de la invención;

La Fig. 4 ilustra un circuito de puente de acuerdo con un ejemplo adicional de la invención.

Las Figs. 5 a 7 ilustran circuitos de puente de acuerdo con otros ejemplos adicionales de la invención.

La Fig. 8 ilustra esquemáticamente una planta de energía undimotriz de acuerdo con la presente invención.

**Descripción de ejemplos**

10 La Fig. 1 es una vista lateral esquemática de un dispositivo eléctrico de acuerdo con la invención, adaptado como una unidad de energía undimotriz en funcionamiento en el mar. Un cuerpo flotante 1 flota en la superficie del mar y está conectado por un medio de conexión 3 tal como un alambre, cable, cuerda, cadena o similar, a un generador lineal 2 anclado en el lecho marino. En la figura, el generador está conectado al lecho marino. Sin embargo, debe entenderse que el generador puede ubicarse sobre el lecho marino y anclarse de alguna otra forma.

15 El generador lineal 2 tiene un estator 5 con bobina y un traductor 6 con imanes. El traductor 6 puede moverse hacia arriba y hacia abajo dentro del estator 5, generando de este modo corriente en la bobina del estator, cuya corriente mediante un cable eléctrico 11 se transfiere a una red eléctrica.

20 El traductor 6 incluye una varilla 7 a la cual se fija el cable 3. Cuando el cuerpo flotante 1 debido a los movimientos de las olas de la superficie del mar se ve obligado a moverse hacia arriba, el cuerpo flotante tirará del traductor 6 hacia arriba. Cuando el cuerpo flotante se mueve hacia abajo, el traductor 6 se moverá hacia abajo por efecto de la gravedad. Opcionalmente, pero preferiblemente, un muelle (no mostrado) o similar que actúa sobre el traductor 6 proporciona una fuerza adicional hacia abajo.

25 La Fig. 2 ilustra la cooperación entre el traductor 6 y el estator 5. La figura solo muestra una parte del traductor 6 y el estator 5, respectivamente. En el traductor 6 se proporciona una pluralidad de imanes permanentes 14, que se distribuyen a lo largo de una pluralidad de filas verticales en la superficie del traductor 6 y frente al estator 5. La figura muestra solamente algunos de los imanes en una de estas filas.

El estator 5 tiene una pluralidad de ranuras de bobina 15, que miran hacia los imanes 14 y en el que está alojado la bobina 12.

30 A medida que el traductor se mueve hacia arriba y hacia abajo, los imanes 14 se desplazan en relación con la bobina 12, por lo que se induce corriente en el mismo debido al cambio del flujo magnético  $\Phi$ . La tensión será  $V = n \cdot \frac{d\phi}{dt}$ , donde n es el número de vueltas de bobinado en una ranura 15. El tiempo de desplazamiento de un imán 14 que se mueve a una distancia correspondiente a la distancia vertical entre el centro de dos imanes 14 adyacentes determina la frecuencia de la tensión.

35 La bobina del estator 5 está provista de un circuito de puente conectado a una carga a través del cable 11. El circuito de puente tiene componentes dispuestos para establecer la resonancia en el circuito de puente. Las Figuras 3 a 7 ilustran algunos ejemplos del diseño de dicho circuito de puente.

40 Un primer ejemplo se ilustra en la Fig. 3, que muestra un circuito de puente 100 de acuerdo con la invención en su forma más simple. La bobina 12 del estator que tiene una resistencia R y una inductancia L está conectada a la carga 13 a través de dos diodos 102, 103. Un condensador 101 está conectado en paralelo a la bobina del estator 12. El condensador 101 tiene una capacitancia ajustada para la resonancia con la inductancia L de la bobina 12 a la frecuencia determinada por el tiempo de desplazamiento del traductor 6 en una distancia correspondiente a la distancia entre dos imanes adyacentes en el traductor 6.

45 Para reducir la energía reactiva creada por la resonancia, el circuito de puente en la práctica debería ser más sofisticado que en el ejemplo de la Fig. 3. En la Fig. 4 se ilustra un ejemplo de dicho circuito de puente. El circuito de puente en este ejemplo tiene tres ramificaciones 206, 207, 208 conectadas a la carga 13. Una primera 206 de estas ramificaciones tiene un condensador 201 para crear la resonancia. Cada una de las otras dos ramificaciones 207, 208 tiene dos diodos 202, 203; 204, 205 mediante el cual se reduce la energía reactiva y se utiliza para la carga 13. La bobina se conecta a cada una de las ramificaciones segunda y tercera entre los dos diodos 202, 203; 203, 205 en la ramificación respectiva 207, 208.

50 Un ejemplo adicional se ilustra en la Fig. 5. El circuito de puente 300 tiene un IGBT 304, a través del cual la bobina 12 está conectado a la carga 13. Un primer condensador 301, está conectado en paralelo al IGBT 304 en una primera ramificación 305. Un segundo condensador 302 está conectado en paralelo a la bobina 12 en una segunda

ramificación 306. Un diodo 303 está situado en el circuito de puente entre las dos ramificaciones 305, 306.

Otro ejemplo adicional se ilustra en la Fig. 6. El circuito de puente 400 incluye dos ramificaciones 407, 408. Una primera ramificación 407 tiene un primer condensador 401 y un primer diodo 403. La segunda ramificación 408 tiene un segundo condensador 402 y un segundo diodo. La bobina 12 está conectada a la primera ramificación 407 entre su condensador 401 y su diodo 403, y conectados a la segunda ramificación 408 entre su condensador 402 y su diodo 404. Un tercer diodo 405 se conecta al condensador 401 de la primera ramificación 407 y el diodo 404 de la segunda ramificación 408 a la carga 13. Un cuarto diodo 406 conecta el condensador 402 de la segunda ramificación 408 y el diodo 403 de la primera ramificación 407 a la carga 13.

Debe entenderse que algunos o todos los diodos en los ejemplos descritos anteriormente podrían reemplazarse por otros tipos de semiconductores pasivos o activos. Además, los diseños ilustrados del circuito de puente son solo ejemplos y debe entenderse que pueden emplearse otros diversos diseños dentro del ámbito de la invención que incluyen también disposiciones con un mayor número de condensadores y/o semiconductores que en los ejemplos ilustrados. Cada condensador puede ser solo un condensador individual, pero se debe entender que por el término condensador también puede entenderse una batería de condensadores. El circuito de puente también puede incluir componentes adicionales para medir, controlar, gobernar, convertir y otros propósitos similares.

Todos los ejemplos descritos anteriormente ilustran solo una fase para simplificar la presentación. En la práctica, el circuito de puente normalmente estará dispuesto para tres fases. La Fig. 7 ilustra esquemáticamente un ejemplo de una aplicación trifásica del circuito de puente 500.

La Fig. 8, en una vista desde arriba, ilustra esquemáticamente una planta de energía undimotriz que tiene una pluralidad de dispositivos eléctricos del tipo descrito anteriormente. Los generadores 2 de estas unidades están todos conectados a un dispositivo de conmutación sumergido 30 conectado a una red eléctrica 40.

La funcionalidad del dispositivo eléctrico inventado, que tiene un circuito de puente que crea resonancia, ha sido confirmada por pruebas, brevemente descritas a continuación. La prueba se llevó a cabo con un dispositivo eléctrico adaptado como unidad de energía undimotriz con un traductor con una gravedad de 32.000 N. La fuerza de traductor era, por lo tanto, la fuerza de elevación menos 32.000 N. Como referencia, se realizó una prueba para una carga únicamente resistiva con el siguiente resultado, donde todos los valores representan valores máximos.

R	V <sub>tot</sub> (V)	I <sub>tot</sub> (A)	P <sub>tot</sub> (W)	Velocidad (m/s)
4	120	30	3.600	0,22
8	120	15	1.800	0,19

Al probar la unidad de energía undimotriz con un circuito de puente como se ilustra en la Fig. 6, donde la capacitancia fue de 8.5 mF, se obtuvieron los siguientes datos:

Resistencia	I <sub>tot</sub> [A]	I <sub>carga</sub> [A]	V <sub>carga</sub> [V]	F <sub>traductor</sub> [N]	Velocidad (m/s)	P <sub>carga</sub> [W]
4	75	60	300	23.000	0,5	18.000
8	65	50	400	29.000	0,5	20.000
16	90	60	500	32.000	0,5	30.000

Una prueba correspondiente para una capacitancia de 11.8 mF dio como resultado los siguientes datos:

Resistencia	I <sub>tot</sub> [A]	I <sub>carga</sub> [A]	V <sub>Tot</sub> [V]	F <sub>traductor</sub> [N]	Velocidad (m/s)	P <sub>carga</sub> [W]
4	90	50	200	20.000	0,4643	10.000
8	90	60	420	20.000	0,45	25.200
16	90	30	400		0,45	12.000

## REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo eléctrico configurado para ser utilizado como una unidad de energía undimotriz que comprende una bobina, un generador, que es un generador lineal que tiene un traductor de movimiento alternativo como una parte móvil, una fuente de accionamiento configurada para ser alimentada por olas marinas, cuya fuente de accionamiento está en conexión de accionamiento con la parte móvil del generador, medios para inducir una corriente en la bobina y un circuito de puente eléctrico, donde el circuito de puente eléctrico incluye un medio condensador que tiene una capacitancia adaptada para obtener resonancia eléctrica con la inductancia de la bobina, de modo tal que la resonancia eléctrica coincide con la frecuencia de onda de las ondas de viento o de las olas del mar, donde la bobina es la bobina del estator del generador y en el que los medios para inducir corriente en la bobina son imanes en una parte móvil del generador, **caracterizado por que** el circuito de puente (300) incluye un IGBT (304) a través del cual la bobina (12) se conecta a una carga eléctrica (13), y además incluye una primera ramificación (305) en paralelo al IGBT (304) y la carga eléctrica (13), y una segunda ramificación (306) en paralelo a la bobina (12), en donde la primera (305) y segunda ramificación (306) incluyen cada una un condensador (301,302) y por lo que un semiconductor (303) está ubicado entre la primera (305) y la segunda (306) ramificación.
2. Un dispositivo eléctrico de acuerdo con reivindicación 1, en el que el circuito de puente (100-500) incluye además medios semiconductores que tienen uno o más semiconductores.
3. Un dispositivo eléctrico según la reivindicación 2, en el que los medios semiconductores incluyen uno o más diodos.
4. Un dispositivo eléctrico de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, en el que los medios semiconductores incluyen uno o más tiristores.
5. Un dispositivo eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en el que los medios semiconductores incluyen uno o más IGBTs.
6. Un dispositivo eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la bobina (12) es una bobina multifásica.
7. Un dispositivo eléctrico de acuerdo con reivindicación 6, en el que la bobina es una bobina trifásica.
8. Un dispositivo eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el puente está configurado para conectarse a una carga eléctrica.
9. Un dispositivo eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 8, en el que el dispositivo eléctrico incluye un transformador y/o un cable HVDC.
10. Un dispositivo eléctrico de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la fuente de accionamiento es un cuerpo flotante conectado mecánicamente al traductor por medios de conexión flexibles.
11. Una planta de energía undimotriz, **caracterizada por que** la planta de energía undimotriz incluye una pluralidad de dispositivos eléctricos de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.
12. Una red eléctrica que comprende un dispositivo eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.
13. Un uso de un dispositivo eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-10, **caracterizado por que** el dispositivo eléctrico se usa para producir energía eléctrica y suministrar la energía a una red eléctrica.

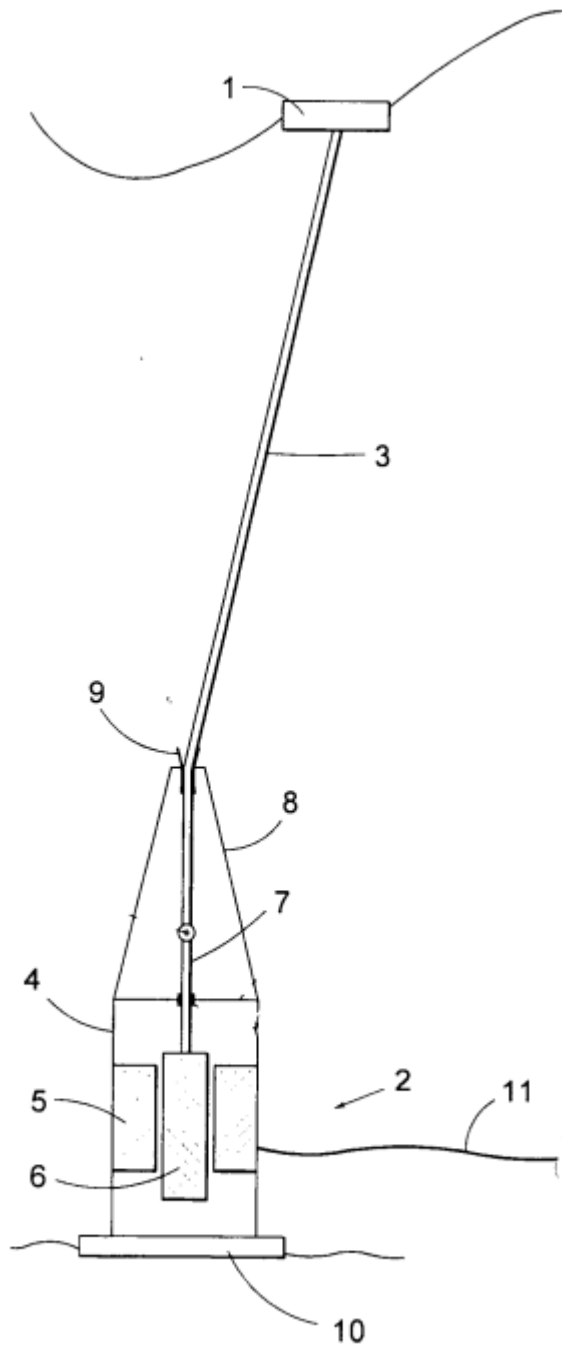


Fig. 1

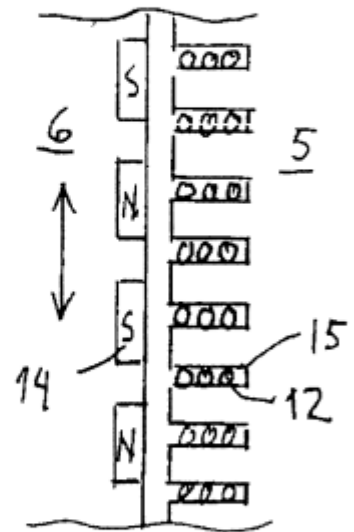


Fig. 2

