

(11) Número de Publicação: **PT 1518052 E**

(51) Classificação Internacional:
F03B 13/14 (2006.01) **F03D 11/04** (2006.01)

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) Data de pedido: 2003.05.22	(73) Titular(es): PAOLO BOCCOTTI	
(30) Prioridade(s): 2002.06.28 IT RC20020008	C/O DPTO. DI MECCANICA E MATERIALI,	
(43) Data de publicação do pedido: 2005.03.30	FACOLTÀ DI INGENERIA, LOC. FEO DI VITO	
(45) Data e BPI da concessão: 2007.07.11 107/2007	89060 REGGIO CALABRIA	IT
	(72) Inventor(es): PAOLO BOCCOTTI	IT
	(74) Mandatário: PEDRO DA SILVA ALVES MOREIRA	
	RUA DO PATROCÍNIO, N.º 94 1399-019 LISBOA	PT

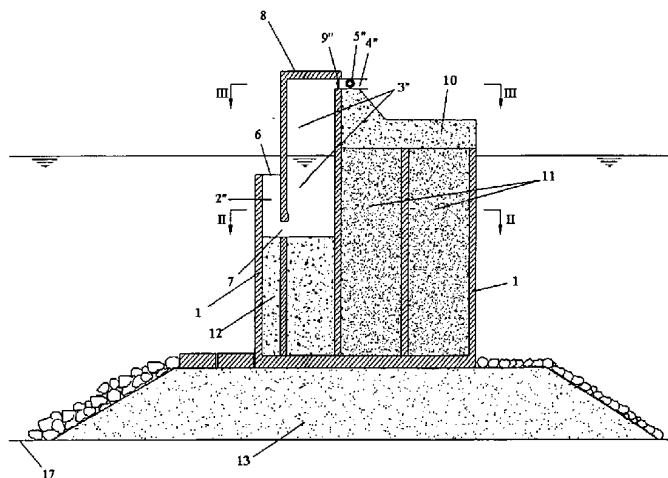
(54) Epígrafe: **CONVERSOR DE ENERGIA DAS ONDAS POR COLUNA DE ÁGUA OSCILANTE INCORPORADO NUM QUEBRA-MAR EM CAIXOTÕES**

(57) Resumo:

RESUMO

"CONVERSOR DE ENERGIA DAS ONDAS POR COLUNA DE ÁGUA OSCILANTE INCORPORADO NUM QUEBRA-MAR EM CAIXOTÕES"

Um quebra-mar em caixotões dotado com uma conduta 2" vertical, compartimento 3", conduta 4" de ar e turbina 5" auto-rectificadora. Sob as flutuações de pressão das ondas na abertura 6 externa, a água, alternadamente, entra e sai, pelo que o ar no compartimento 3", alternadamente, é comprimido e expandido, e gera-se um escoamento de ar alternado na conduta 4" de ar. A conduta 2" vertical e o compartimento 3" formam uma conduta em U, e o ar no compartimento 3" age como uma mola. O período próprio de oscilações na referida conduta em U aumenta quando a largura da conduta 2" vertical é reduzida e/ou o comprimento da referida conduta vertical é aumentado, e/ou a largura e altura do compartimento 3" são aumentadas. O período próprio é fixo próximo do período ondulatório das ondas que transmite a maior quantidade de energia das ondas num ano, de modo a absorver uma quantidade muito grande de energia das ondas.



DESCRIÇÃO

"CONVERSOR DE ENERGIA DAS ONDAS POR COLUNA DE ÁGUA OSCILANTE INCORPORADO NUM QUEBRA-MAR EM CAIXOTÕES"

Campo técnico

A invenção divulga um quebra-mar em caixotões que está apto a proteger um porto ou um lençol de água marinho com uma pequena reflexão de ondas, e está apto a converter energia das ondas em potência eléctrica.

Técnica antecedente

Os quebra-mares em caixotões (ver, e. g., Goda Y., *Random Seas and Design of Maritime Structures*, World Scientific, cap. 4, 2000; ou Boccotti P., *Wave Mechanics for Ocean Engineering*, Elsevier, cap. 13, 2000) consistem em caixotões em betão armado, próximos uns dos outros ou ligados entre si, numa fundação no fundo marinho. Cada caixotão é subdividido em várias células por paredes verticais. Os caixotões são, tipicamente, fabricados em docas secas, rebocados e afundados. As células são cheias com areia e/ou cascalho e/ou betão ou outro tipo de balastro. Em seguida, molda-se uma superestrutura em betão.

Os quebra-mares em caixotões são excelentes para proteger portos, porque podem ser facilmente construídos e são muito resistentes. A única falha é que reflectem praticamente toda a energia incidente das ondas e, conseqüentemente, a altura das

ondas ao largo do quebra-mar aumenta, e ocorre uma enorme descarga de galgamento. A amplificação das ondas pode, obviamente, ser perigosa para barcos e navios em aproximação a um porto, e a descarga de galgamento pode ser perigosa para pessoas, instalações e barcos dentro de um porto.

A patente US 6450732 B1 divulgou um caixotão submerso no fundo marinho com uma bolsa de ar e uma conduta vertical tendo a mesma largura que o caixotão. A abertura superior da conduta vertical fica abaixo do nível do mar e, através desta abertura, a água, alternadamente, entra no caixotão e sai do caixotão. A altura da bolsa de ar no interior do caixotão é afinada com meios para bombear ou descarregar ar. A afinação é feita de modo a que os períodos próprios de oscilações livres no interior do caixotão sejam próximos do período das ondas. Uma forma de realização da patente US 6450732 B1 compreende uma turbina auto-rectificadora (e. g., uma turbina Wells) que é uma turbina cuja direcção de rotação não se altera se o escoamento for invertido. Esta turbina encontra-se numa pequena secção da conduta vertical e é accionada pelo escoamento de água a alta velocidade na referida conduta.

A instalação divulgada pela Patente US 6450732 B1 é uma excelente absorvedora da energia das ondas e pode muito bem ser utilizada para construir quebra-mares submersos com um impacto ambiental muito baixo. Estes quebra-mares estão aptos a proteger praias contra a erosão mas não conseguem proteger um porto porque uma parte da energia das ondas ultrapassa estes quebra-mares. Para além disso, o caixotão da Patente US 6450732 B1 tendo uma bolsa de ar em pressão, precisa de um compressor e precisa de ser controlado para que não haja fugas de ar. Como um conversor de energia das ondas, o caixotão da Patente

US 6450732 B1 tem a turbina abaixo do nível do mar, o que implica alguma dificuldade na manutenção e obriga à existência de um compartimento à prova de água para um gerador.

Os conversores convencionais da energia das ondas conhecidos como OWC (colunas de água oscilantes) são amplamente descritos na literatura científica. Podem ser OWC costeiras (ver patente U.S. 5191225), OWC quebra-mares (ver Takahashi S. *et al.*, 23° Proc. Int. Conf. On Coastal Eng., 3440-3453, Amer. Soc. Civil Engineers, Nova Iorque, 1992), ou OWC flutuantes (ver patente U.S. 6194791), conforme estejam instaladas numa costa, ou num quebra-mar em caixotões, ou numa estrutura de afundamento. As OWC consistem, essencialmente, numa caixa que assenta no fundo marinho, com a cobertura acima do nível do mar e com uma grande abertura vertical na parede vertical principal (a que é fustigada pelas ondas). Esta abertura vertical estende-se desde quase o fundo marinho até quase o nível do mar, para que as ondas possam propagar-se para dentro da OWC. O ar entre a superfície do mar e a cobertura da caixa é, alternadamente, comprimido e expandido devido às ondas na superfície do mar. Uma conduta de ar liga a OWC à atmosfera, e uma turbina auto-rectificadora é accionada por um escoamento de ar alternado na referida conduta de ar.

Deste modo, ao contrário do dispositivo de absorção da presente invenção que vai ser apresentado, uma OWC não é uma conduta em U com uma bolsa de ar funcionando como uma mola. Consequentemente, uma OWC não consegue explorar uma ressonância natural em que o período próprio de oscilações livres numa conduta em U é igual ao período das ondas. Este é o motivo pelo qual, para melhorar o rendimento, algumas OWC exploram uma ressonância forçada com alguns dispositivos complexos para

controlar a fase em cada onda individual (ver Korde U. A. Applied Ocean Res. 13, 1991).

Em resumo, as OWC exigem uma grande abertura vertical na parede vertical principal para que a sua estrutura difira profundamente da estrutura compacta dos quebra-mares em caixotões convencionais. Para além disso, para melhorar o rendimento, as OWC precisam de alguns dispositivos complexos para controlar a fase.

Os objectivos da presente invenção são construir um quebra-mar em caixotões que:

- (i) seja adequado para proteger um porto;
- (ii) reflecta apenas uma pequena parte da energia incidente das ondas e converta a energia das ondas em potência eléctrica;
- (iii) tenha turbinas acima do nível do mar, não necessite de meios, tais como compressores, e não necessite de controlar fugas de ar;
- (iv) tenha um dispositivo de absorção consistindo numa conduta em U com uma bolsa de ar funcionando como uma mola;
- (v) não necessite de dispositivos complexos para controlar a fase, dado que explora uma ressonância natural em que o período próprio de oscilações na conduta em U é próximo do período das ondas;

(vi) tenha a mesma estrutura compacta e construção civil bem estabelecida que os quebra-mares em caixotões convencionais.

Por último, analisam-se os documentos seguintes:

O documento GB 2080437A divulga um conversor de energia das ondas com uma conduta (10) vertical no lado fustigado pelas ondas; em que a referida conduta (10) vertical contém uma coluna (11) de água, estando a referida conduta (10) vertical ligada ao mar através de uma abertura inferior (não através de uma abertura superior como na presente invenção), estando a referida conduta (10) vertical ligada a um compartimento através de uma abertura superior para escoamento de ar, acima do nível do mar (não através de uma abertura inferior para escoamento de água, abaixo do nível do mar, como na presente invenção); em que o referido compartimento está ligado à atmosfera através de uma conduta com uma turbina (16), e estando o referido compartimento dotado com um tubo (15) em U cuja função principal deveria ser a manutenção das oscilações na conduta (10) vertical em fase com o movimento das ondas (não para absorver energia das ondas).

O documento US 4139984A divulga um conversor da energia das ondas que consiste numa estrutura flutuante (não uma estrutura fixa como um quebra-mar em caixotões). A turbina é accionada por ar e o escoamento de ar é provocado por oscilações do nível do mar numa câmara. Estas oscilações devem-se ao movimento de ondas do mar e ao movimento da estrutura flutuante (não se deve apenas ao movimento das ondas do mar como na presente invenção). A massa de água oscilante encontra-se no interior de paredes verticais (não numa conduta em U).

Ao contrário da instalação da presente invenção, existem válvulas de não retorno para regular o escoamento de ar.

O documento GB 2365385A divulga uma estrutura *offshore* para extracção de energia eólica, das ondas e das marés que suporta algumas turbinas eólicas (não uma instalação consistindo de um quebra-mar em caixotões adaptado para converter energia das ondas, e algumas turbinas eólicas no lençol de água abrigado por trás do referido quebra-mar, como na reivindicação 6 da presente invenção).

O documento 047 (M-280) vol. 008 dos Resumos de Patente do Japão divulga uma OWC em que uma câmara é dividida em múltiplas secções na direcção interior. Pelo facto de ser uma OWC, este conversor está ligado ao mar através de uma abertura vertical que se estende desde quase o fundo marinho (não através de uma conduta em U).

O documento US 6194791 B1 divulga um conversor *offshore* que está ligado ao mar através de secções tubulares inclinadas cujas bocas afloram o fundo marinho (não através de uma conduta em U). Ao contrário do quebra-mar em caixotões da presente invenção, o conversor *offshore* supracitado, tendo a boca no fundo, necessita de comportas provisórias de modo a flutuar; sendo as referidas comportas removidas depois do conversor ser rebocado e afundado. A instalação pode ser dotada com uma turbina eólica posicionada, de um modo preferido, ao nível de, ou junto ao topo da estrutura (não no lençol de água abrigado por trás da estrutura, como na reivindicação 6 da presente invenção).

O documento GB 1572086 divulga conversores de energia das ondas que accionam turbinas de água (não turbinas de ar como na

presente invenção). Alguns dos conversores supracitados consistem em condutas em U em que uma extremidade está ligada a um reservatório de ar que permanece, praticamente, a uma pressão constante durante um ciclo ondulatório (o ar não age como uma mola, como na presente invenção).

Divulgação da invenção

Os objectivos da invenção são obtidos com um quebra-mar em caixotões cujos caixotões são fabricados como mostrado na Fig. 1. Especificamente, um caixotão 1 compreende:

(i) uma conduta 2 vertical que se estende, sensivelmente, ao longo de todo o caixotão 1 e está ligada ao mar através de uma abertura 6 superior;

(ii) um compartimento 3 que se estende, sensivelmente, ao longo de todo o caixotão e está ligado à conduta 2 vertical através de uma abertura 7; estando a base do referido compartimento 3 abaixo do nível do mar, e estando a cobertura 8 do referido compartimento 3 acima do nível do mar;

(iii) uma conduta 4 de ar ligando o compartimento 3 à atmosfera;

(iv) uma turbina 5 auto-rectificadora na conduta de ar.

O facto da conduta 2 vertical estar ligada ao mar através de uma abertura 6 superior, e a água poder escoar-se desde a conduta 2 vertical até ao compartimento 3 (e vice-versa desde o compartimento 3 até à conduta 2 vertical) através de uma abertura 7 inferior abaixo do nível do mar, e o facto do

compartimento 3 (como na conduta 2 vertical) se estender, sensivelmente, ao longo de todo o caixotão 1, e o facto do compartimento 3 estar, parcialmente, abaixo do nível do mar e, parcialmente, acima do nível do mar, permite obter uma massa de água oscilante numa conduta em U consistindo na conduta 2 vertical e no compartimento 3, em que o ar no compartimento 3 age como uma mola sobre a referida massa de água. O período próprio de oscilações da massa de água na conduta em U aumenta quando:

- (i) a largura da conduta 2 vertical é reduzida,
- (iii) o comprimento da conduta 2 vertical é aumentado,
- (iv) a largura e altura do compartimento 3 são aumentadas,
- (v) o diâmetro da conduta 4 de ar é aumentado.

A largura e o comprimento da conduta 2 vertical, e a largura e a altura do compartimento 3 são fixos para que o período próprio seja próximo do período ondulatório das ondas que transmite a maior quantidade de energia no decurso de um ano. Como exemplo, com base em estatísticas de longo prazo das ondas, deve fixar-se um período próprio de cerca de 6 s para as instalações no Mar Mediterrâneo.

A instalação da presente invenção funciona da seguinte forma. Sob a acção das ondas, a pressão flutua na abertura 6 externa da conduta 2 vertical. Estas flutuações de pressão provocam oscilações da água na conduta em U que consiste na conduta 2 vertical e compartimento 3. Consequentemente, o ar no compartimento 3 é comprimido e expandido e gera-se um escoamento

de ar alternado na conduta 4 de ar. Este escoamento de ar acciona a turbina 5 auto-rectificadora. Deste modo, as ondas não se propagam para dentro da instalação da presente invenção, enquanto, como referido, as ondas se propagam para dentro das OWC.

Sob condições de ressonância, quando o período próprio é próximo do período de pico do espectro ondulatório do estado do mar, estima-se que esta instalação está apta a absorver até 80%-90% da energia incidente das ondas, o que significa que a energia reflectida das ondas é reduzida a apenas 10%-20% da energia incidente das ondas. Esta estimativa foi feita através de simulações numéricas de ondas geradas por vento aleatório (ver Boccotti P., Wave Mechanics for Ocean Engineering, Elsevier, 2000, caps. 4 e 8).

Quanto ao controlo, deve verificar-se que a água no compartimento 3 não colide com a cobertura 8. Este evento poderia ocorrer nalguma tempestade extrema. Quando o nível de água no compartimento 3 excede algum limiar de segurança, a válvula 9 deve ser fechada. O nível de água no compartimento 3 pode ser medido por meio de uma sonda ultrassónica fixa à cobertura 8. Dado que a instalação explora uma ressonância natural, não há qualquer necessidade de controlar a fase. Por fim, dado que a pressão média do ar no compartimento 3 é igual à pressão atmosférica, não há necessidade de controlar fugas de ar, nem há necessidade de compressores.

Dado que a instalação explora uma ressonância natural numa conduta em U, só precisa de uma abertura 6 externa horizontal relativamente pequena. Para além disso, a conduta em U (ou seja, a conduta 2 vertical e o compartimento 3) pode encontrar-se bem

acima da base do caixotão 1 para que o compartimento possa ser cheio com betão por baixo da conduta em U. Esta é a razão porque o quebra-mar em caixotões da presente invenção tem praticamente a mesma estrutura compacta que um quebra-mar em caixotões convencional.

Descrição resumida dos desenhos

A presente invenção irá, agora, ser descrita com fins ilustrativos e não limitativos, fazendo-se referência aos desenhos nos quais:

A Fig. 2 é um corte vertical de uma primeira forma de realização de um caixotão do quebra-mar de acordo com a presente invenção, ao longo do plano I-I das Figs. 3 e 4;

A Fig. 3 é um corte horizontal da primeira forma de realização da presente invenção, ao longo do plano II-II da Fig. 2;

A Fig. 4 é um corte horizontal da primeira forma de realização da presente invenção, ao longo do plano III-III da Fig. 2;

A Fig. 5 é um corte vertical de uma segunda forma de realização da presente invenção, ao longo do plano I-I das Figs. 6 e 7;

A Fig. 6 é um corte horizontal da segunda forma de realização da presente invenção, ao longo do plano II-II da Fig. 5;

A Fig. 7 é um corte horizontal da segunda forma de realização da presente invenção, ao longo do plano III-III da Fig. 5;

A Fig. 8 é um corte vertical de uma terceira forma de realização da presente invenção, ao longo do plano I-I das Figs. 9 e 10;

A Fig. 9 é um corte horizontal da terceira forma de realização da presente invenção, ao longo do plano II-II da Fig. 8;

A Fig. 10 é um corte horizontal da terceira forma de realização da presente invenção, ao longo do plano III-III da Fig. 8;

A Fig. 11 é um corte vertical de uma quarta forma de realização;

A Fig. 12 é um corte vertical de uma quinta forma de realização.

Melhor modo de realização da invenção

O quebra-mar da presente invenção consiste em caixotões próximos uns dos outros ou ligados entre si, como um quebra-mar em caixotões convencional. Do mesmo modo que caixotões de um quebra-mar em caixotões convencional, os caixotões do quebra-mar da presente invenção (ver Figs. da 2 a 12) assentam, tipicamente, numa fundação 13 maciça de enrocamento no fundo 17

marinho, e um caixotão 1 do quebra-mar consiste em células que são cheias com areia e/ou cascalho 11 e/ou betão 12. do mesmo modo que num quebra-mar em caixotões convencional, uma superestrutura 10 é moldada em betão por cima de cada caixotão.

Numa primeira forma de realização (Figs. 2-3-4), algumas paredes 14', 14" verticais de reforço subdividem a conduta vertical em secções 2', 2", 2"', e subdividem o compartimento 3 em células 3', 3", 3"'. Cada uma das referidas células 3', 3", 3"' está ligada à atmosfera pela sua própria conduta 4', 4", 4"' de ar com turbinas 5', 5", 5"' auto-rectificadoras (e. g., turbinas Wells) e válvulas 9', 9", 9"'.

Numa segunda forma de realização (Figs. 5-6-7), as paredes 14', 14", 14^{IV}, 14^V são dotadas com aberturas 15', 15", 15^{IV}, 15^V, junto da cobertura 8. As referidas aberturas deixam o ar escoar-se de uma para outra das células 3', 3", 3"', e de uma para outra das células 3^{IV}, 3^V, 3^{VI}.

As células 3', 3", 3"' estão ligadas à atmosfera através da conduta 4' de ar com uma turbina 5' auto-rectificadora e válvula 9'; as células 3^{IV}, 3^V, 3^{VI} estão ligadas à atmosfera através da conduta 4" de ar com uma turbina 5" auto-rectificadora (não vista) e válvula 9" (não vista).

Numa terceira forma de realização (Figs. 8-9-10), não há aberturas nas paredes 14', 14", 14"', 14^{IV}, 14^V e as células 3', 3", 3"' estão ligadas à conduta 4' de ar através de tubos 16', 16", 16"' dotados com válvulas 9', 9", 9"', e as células 3^{IV}, 3^V, 3^{VI} estão ligadas à conduta 4" de ar através de tubos 16^{IV}, 16^V, 16^{VI} dotados com válvulas 9^{IV}, 9^V, 9^{VI}. As condutas 4' e 4" de ar

estão ligadas à atmosfera e contêm turbinas 5', 5" auto-rectificadoras.

Uma quarta forma de realização é uma versão mais sofisticada da segunda forma de realização, em que existe uma divisória vertical que se estende, em altura, desde a cobertura 8 no sentido descendente sem chegar à base do compartimento 3. Ao fechar a válvula 9" na conduta 4' de ar, o período próprio é reduzido para que haja um aumento da produção de potência eléctrica com ondas causadas por vento com um período relativamente pequeno.

Em alternativa (Fig. 12), em todas as formas de realização, a conduta 2 vertical pode ser ligada ao compartimento 3 através de uma conduta 19 horizontal ou em declive. A inserção da referida conduta 19 horizontal ou em declive leva a um aumento do período próprio.

Nos Oceanos, onde o fluxo de energia das ondas é uma ordem de magnitude superior ao do Mar Mediterrâneo, o quebra-mar da presente invenção pode ser construído com o único propósito de produzir potência eléctrica (e não para proteger um porto).

Uma fábrica de energia verde pode consistir num quebra-mar em caixotões de acordo com a presente invenção e numa série de estações eólicas no lençol de água protegido por trás do referido quebra-mar. Uma primeira vantagem desta fábrica é eliminar a investida das ondas sobre as estações eólicas *offshore*. Uma segunda vantagem é que se pode obter uma produção mais regular. De facto, mesmo quando não há vento, a fábrica pode produzir potência eléctrica, explorando a energia das ondulações do mar.

Aplicabilidade industrial

O quebra-mar em caixotões da presente invenção tem a mesma estrutura sólida em betão armado que um quebra-mar em caixotões convencional. Do mesmo modo, a construção civil é a mesma, e a dimensão global é praticamente a mesma - tipicamente, demonstrou-se que a largura de um quebra-mar em caixotões da presente invenção é cerca de 5% maior do que a largura de um quebra-mar em caixotões convencional, ao abrigo dos mesmos factores de segurança para prevenção contra deslizamentos e derrube, e ao abrigo da mesma carga sobre a fundação. O aparelho hidráulico é particularmente simples - tipicamente, consiste numa única turbina por caixotão, com um diâmetro entre 1 m e 1,5 m. O controlo é reduzido a um mínimo, dado que a instalação explora uma ressonância natural numa conduta em U e não exige controlo de fase.

Não obstante a simplicidade global, o quebra-mar da presente invenção tem duas vantagens importantes relativamente a um quebra-mar em caixotões convencional. Em primeiro lugar, converte parte da energia incidente das ondas em potência eléctrica. Em segundo lugar, reflecte menos energia das ondas. Os cálculos, com base em simulações numéricas de ondas geradas por vento aleatório com alguns espectros característicos, mostram que o quebra-mar da presente invenção está apto a absorver mais do que 70% da energia incidente das ondas por ano, e está apto a converter em potência eléctrica mais do que um terço da energia absorvida. Para esta estimativa utilizaram-se os gráficos de Curran e Gato (Proc. Inst. Mech. Engrs. 211, 1977) para o rendimento de uma simples turbina Wells monopiano.

Lisboa, 11 de Outubro de 2007

REIVINDICAÇÕES

1. Quebra-mar em caixotões em que, pelo menos, um caixotão (1) do referido quebra-mar em caixotões compreende uma conduta (2) vertical, um compartimento (3) e, pelo menos, uma conduta (4) de ar ligando o referido compartimento (3) à atmosfera, e em que a referida conduta (2) vertical se encontra no lado fustigado pelas ondas do referido caixotão (1), a referida conduta (2) vertical se estende, sensivelmente, ao longo de todo o caixotão (1), a referida conduta de ar, ou condutas (4) de ar, compreende(m), pelo menos, uma turbina (5), caracterizado por a referida conduta (2) vertical estar ligada ao mar através de uma abertura (6) superior abaixo do nível do mar; a referida conduta (2) vertical estar ligada ao compartimento (3) através de uma abertura (7) inferior ou através de uma conduta (19) horizontal ou em declive; o referido compartimento (3) se estender, sensivelmente, ao longo de todo o caixotão (1); o referido compartimento (3) estar, parcialmente, abaixo do nível do mar e, parcialmente, acima do nível do mar.

2. Quebra-mar em caixotões de acordo com a reivindicação 1, em que a conduta (2) vertical é subdividida em secções (2', 2'', 2''') e o compartimento (3) é subdividido em células (3', 3'', 3''') por paredes (14', 14'') verticais, e em que cada uma das referidas células (3', 3'', 3''') está ligada à atmosfera através de, pelo menos, uma conduta (4', 4'', 4''') de ar com uma turbina (5', 5'', 5'''), e em que as condutas (4', 4'', 4''') de ar estão dotadas com válvulas (9', 9'', 9''') ou outros dispositivos de fecho.

3. Quebra-mar em caixotões de acordo com a reivindicação 1, em que a conduta (2) vertical é subdividida em secções (2', 2'', 2''', 2^{IV}, 2^V, 2^{VI}) e o compartimento (3) é subdividido em células (3', 3'', 3''', 3^{IV}, 3^V, 3^{VI}) por paredes (14', 14'', 14''', 14^{IV}, 14^V, 14^{VI}) verticais, em que o ar pode circular através das células (3', 3'', 3''', 3^{IV}, 3^V, 3^{VI}) ou através de grupos das referidas células, por exemplo, através de aberturas (15', 15'', 15^{IV}, 15^V) nas paredes (14', 14'', 14''', 14^{IV}, 14^V), e o ar nas células (3', 3'', 3''', 3^{IV}, 3^V, 3^{VI}) está ligado à atmosfera através de, pelo menos, uma conduta (4', 4'') de ar dotada com turbinas (5', 5'') e válvulas (9', 9'') ou outros dispositivos de fecho.

4. Quebra-mar em caixotões de acordo com a reivindicação 1, em que a conduta (2) vertical é subdividida em secções (2', 2'', 2''', 2^{IV}, 2^V, 2^{VI}) e o compartimento (3) é subdividido em células (3', 3'', 3''', 3^{IV}, 3^V, 3^{VI}) por paredes (14', 14'', 14''', 14^{IV}, 14^V, 14^{VI}) verticais, estando as células (3', 3'', 3''', 3^{IV}, 3^V, 3^{VI}) ligadas à atmosfera através de tubos (16', 16'', 16''', 16^{IV}, 16^V, 16^{VI}) que unem (directa ou com algumas armações de distribuição interpostas), pelo menos, uma conduta (4', 4'') de ar dotada com turbinas (5', 5''), e e que os tubos (16', 16'', 16''', 16^{IV}, 16^V, 16^{VI}) estão dotados com válvulas (9', 9'', 9''', 9^{IV}, 9^V, 9^{VI}) ou outros dispositivos de fecho.

5. Quebra-mar em caixotões de acordo com a reivindicação 2, em que o compartimento (3) está dotado com uma divisória (18) vertical, e em que a referida divisória (18) se estende por toda a largura do compartimento (3) e se estende, em altura, desde a cobertura (8) no sentido descendente sem chegar à base do referido compartimento (3).

6. Fábrica de energia verde, caracterizada por a referida fábrica consistir no quebra-mar em caixotões de acordo com as reivindicações 1 ou 2 ou 3 ou 4 ou 5, e uma série de estações eólicas no lençol de água protegido por trás do referido quebra-mar em caixotões.

7. Quebra-mar em caixotões de acordo com a reivindicação 1 ou 2 ou 3 ou 4 ou 5 sem as turbinas, para converter o movimento das ondas do mar numa forma mais adequada para conversão.

Lisboa, 11 de Outubro de 2007

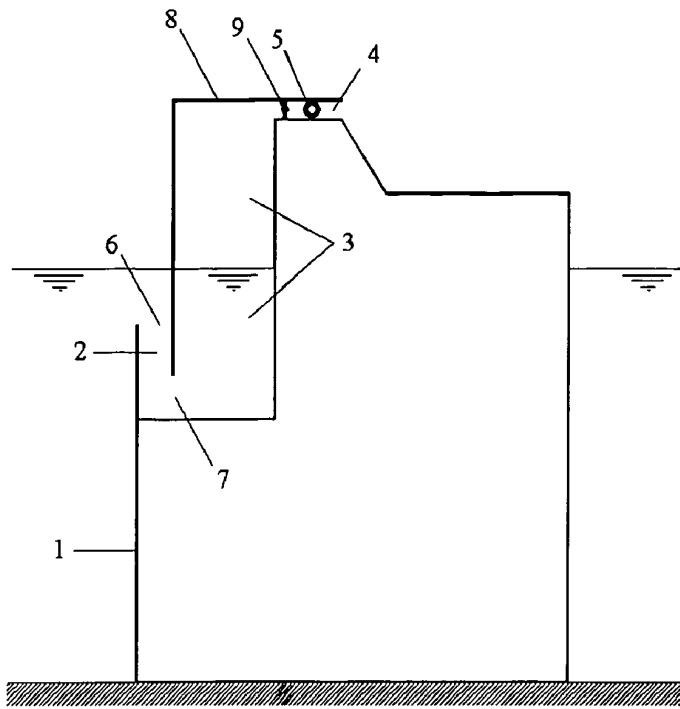


Fig. 1

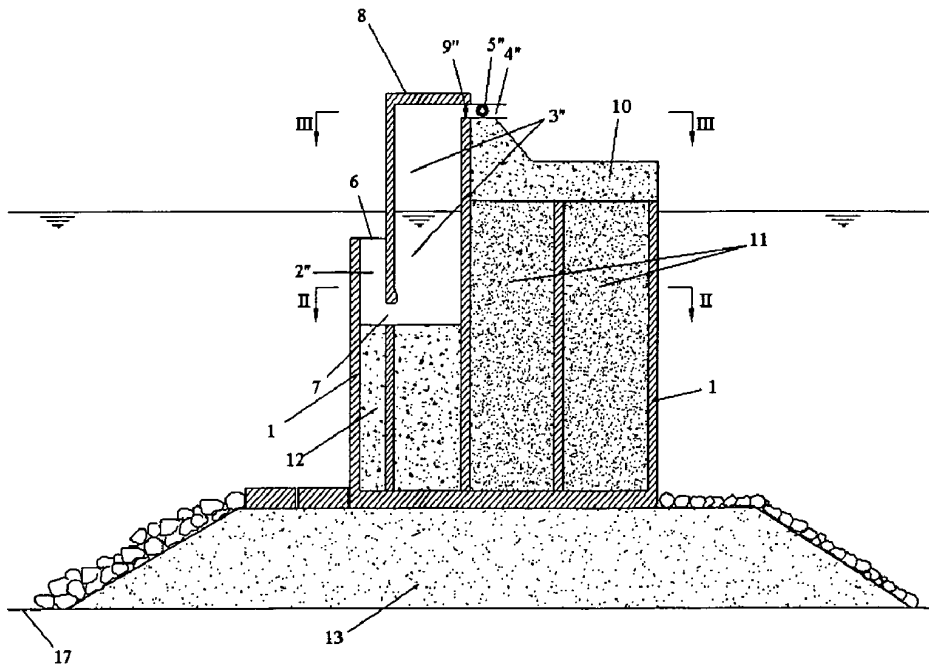


Fig. 2

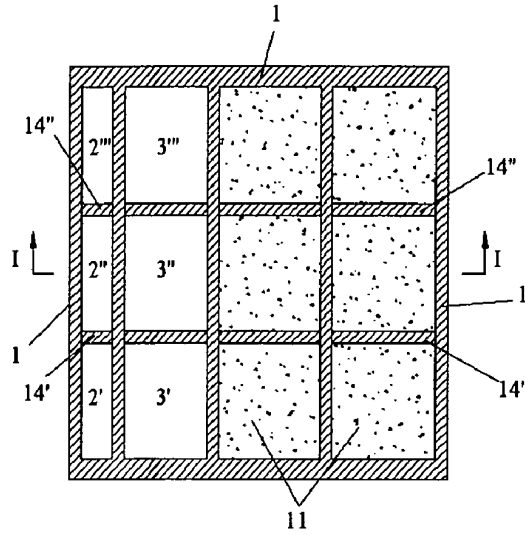


Fig. 3

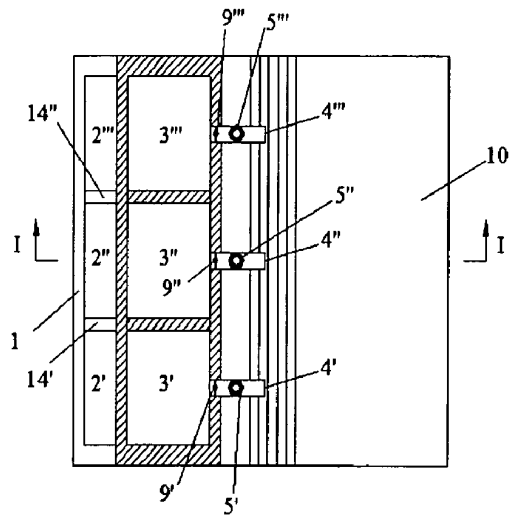


Fig. 4

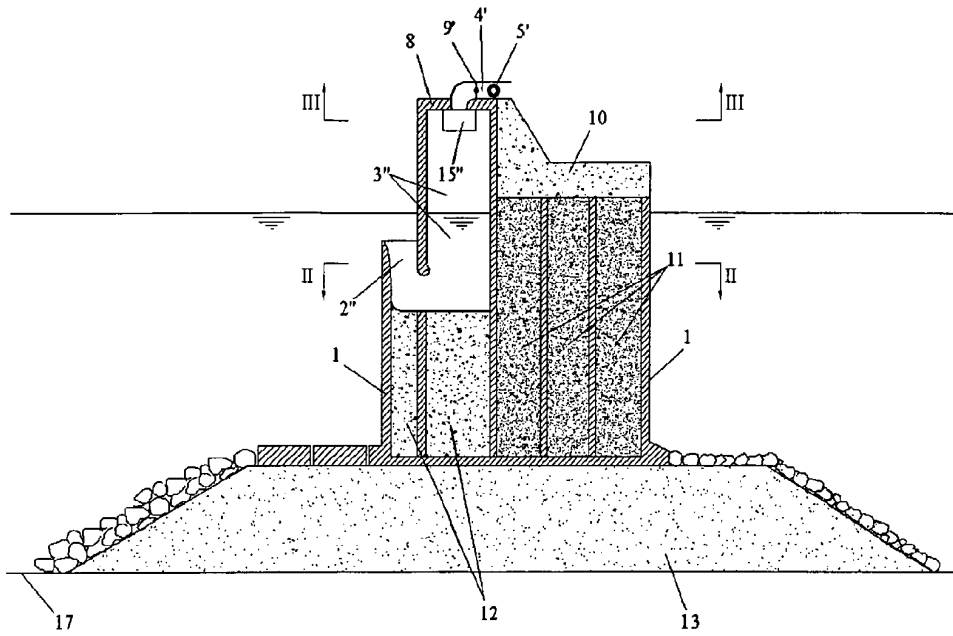


Fig.5

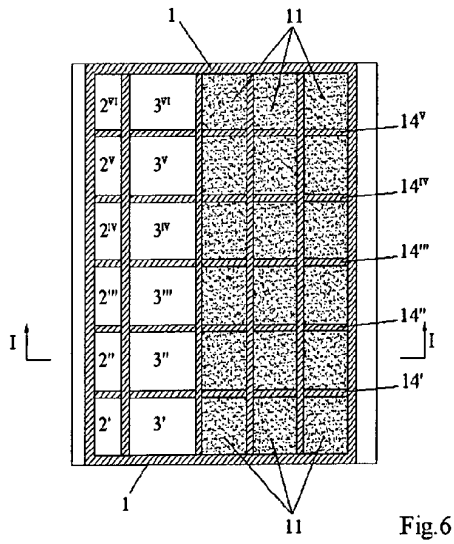


Fig.6

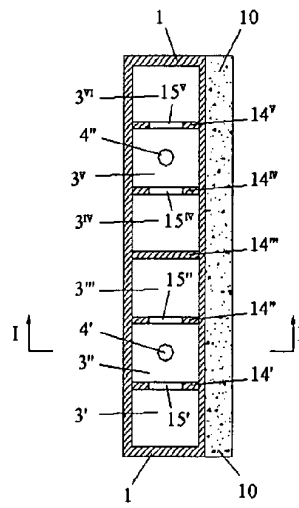


Fig.7

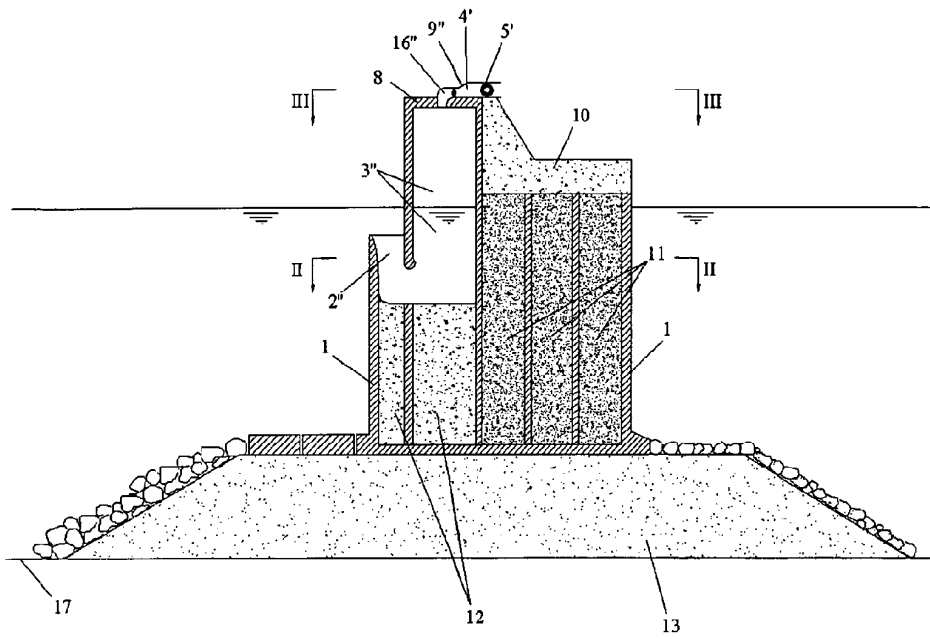


Fig.8

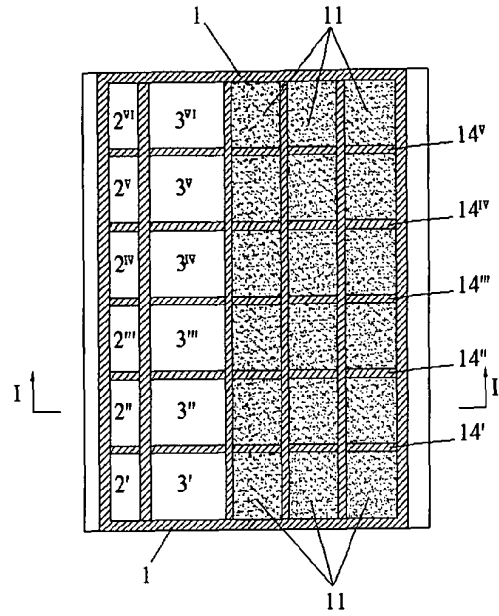


Fig. 9

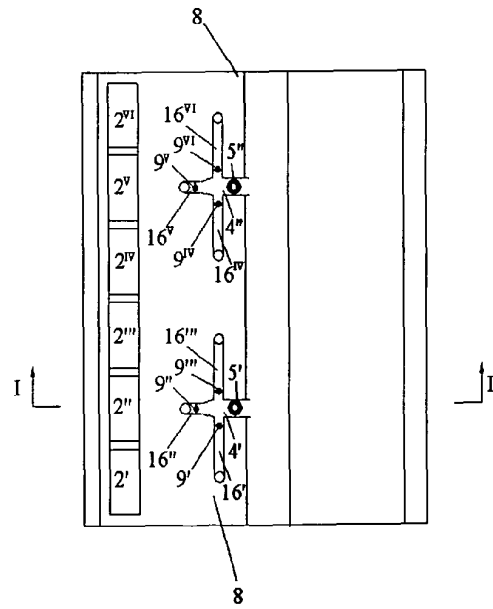


Fig. 10

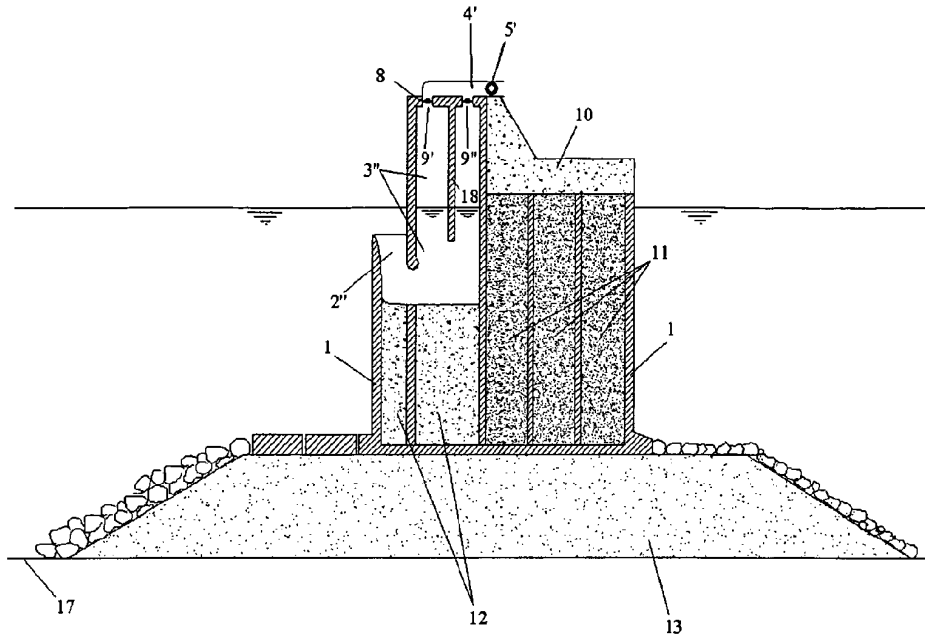


Fig.11

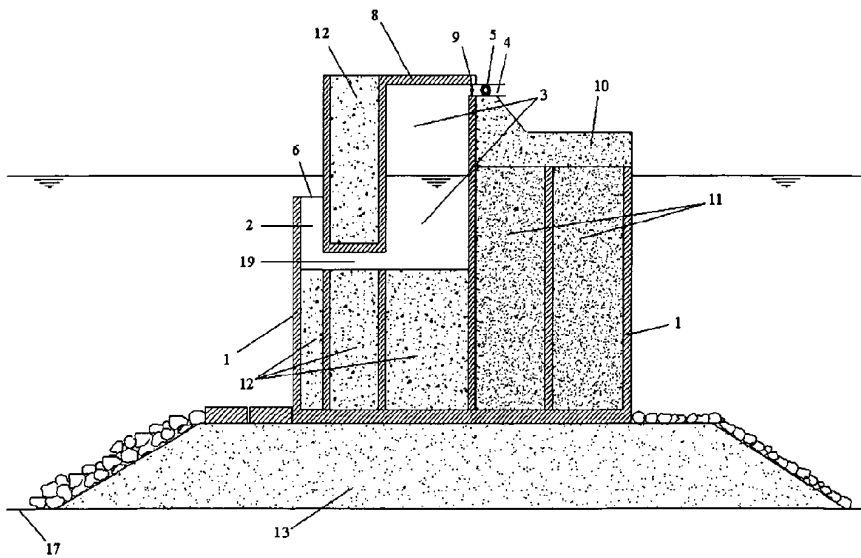


Fig.12