(19) INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
PORTUGAL

(11) *Número de Publicação:* **PT 99256 B**

(51) *Classificação Internacional:* (Ed. 6)
F01D005/34 A F03B013/14 B

(12) *FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO*

(22) *Data de depósito:* 1991.10.17

(30) *Prioridade:* 1990.10.18 GB 9022713

(43) *Data de publicação do pedido:*
1993.12.31

(45) *Data e BPI da concessão:*
02/96 1996.03.01

(73) *Titular(es):*
SECRETARY STATE TRADE IND. MAJ. U.K. GB.
N.IE.,TH
1 VICTÓRIA STREET LONDRES SW1H OET GB

(72) *Inventor(es):*
ALAN ARTHUR WELLS GB

(74) *Mandatário(s):*
ANTÓNIO JOÃO COIMBRA DA CUNHA FERREIRA
RUA DAS FLORES 74 4/AND. 1294 LISBOA PT

(54) *Epígrafe:* **INSTALAÇÃO PARA CAPTAÇÃO DA ENERGIA DAS ONDAS**

(57) *Resumo:*

[Fig.]

DESCRIÇÃO

DA

PATENTE DE INVENÇÃO

Nº 99.256

REQUERENTE: SECRETARY OF STATE FOR TRADE AND INDUSTRY IN HER BRITANNIC MAJESTY'S GOVERNMENT OF THE UNITED KINGDOM OF GREAT BRITAIN AND NORTHERN IRELAND, britânica, com sede em 1 Palace Street, London SW1E 5HE, Reino Unido

EPÍGRAFE: "INSTALAÇÃO PARA CAPTAÇÃO DA ENERGIA DAS ONDAS"

INVENTORES: Alan Arthur Wells, Reino Unido

Reivindicação do direito de prioridade ao abrigo do artigo 4º da Convenção de Paris de 20 de Março de 1883. Reino Unido em 18 de Outubro de 1990 sob o nº 90 27713.3.

73 205
14691 MdX

PATENTE Nº. 99 256

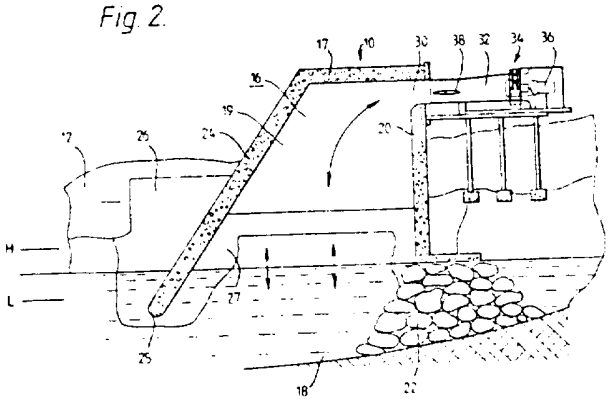
"Instalação para captação da energia das ondas"

R E S U M O

O presente invento refere-se a uma instalação para captação da energia das ondas (10) que inclui uma câmara (16), que pode ser construída sobre uma ravina costeira (12), de modo que as ondas obriguem o nível da água a subir e a baixar no interior da câmara e, em consequência, provocar que o ar se escoe num sentido e no outro numa conduta (32). Uma turbina biplanar do tipo "Wells" (34) colocada no interior da conduta (32) acciona um gerador (36). A turbina (34) compreende dois discos de turbina (45), afastados de 0,5 m um do outro, definindo cada um deles um cubo, uma pluralidade de pás direitas com secção transversal de perfil aerodinâmico (80) e um anel exterior (56). O anel (56) tem uma massa suficiente para actuar como um volante acumulador de energia e tem um momento de inércia superior ao conjunto do cubo e das pás. Cada disco de turbina (45) poderá ter uma energia cinética de pelo menos 1MJ quando rodar a 1650 r.p.m..

O invento é aplicável, por exemplo, em centrais geradoras por aproveitamento da energia das ondas.

Fig. 2.



MEMÓRIA DESCRITIVA

O invento refere-se a uma instalação com a qual se pode extrair energia das ondas, por exemplo do mar, e pode ser utilizada para gerar electricidade.

As fontes de energia renováveis, tais como a energia solar, eólica e das ondas são consideradas benéficas, no que respeita à redução dos riscos de poluição atmosférica e à alteração do clima terrestre, que pode advir da utilização intensiva de combustíveis fósseis e também no que respeita à redução da dependência das fontes de combustíveis, que se podem tornar mais dispendiosas ou mais escassas no futuro. As ondas dos oceanos são uma das fontes mais abundantes de energia renovável e proporcionam uma densidade de energia muito maior do que a energia do vento ou solar. No entanto, ainda não é fácil dominar a energia das ondas; isto devido, em parte, ao facto de um dispositivo adequado para captação da energia das ondas no mar alto dever ser suficientemente forte para resistir a tempestades, nas quais a energia das ondas é muito superior à energia média, e sendo, portanto, a sua construção dispendiosa: por exemplo, ao longo da costa das Hébridas Exteriores a uma profundidade de 42 m, a energia anual média das ondas é de 50 KW/m, mas a energia pode exceder 1 000 KW/m durante as tempestades. As ondas são geradas, em primeiro lugar, pela interacção dos ventos com a superfície do mar e, uma vez formadas, as mesmas continuam o seu percurso depois do vento ter cessado. Em águas profundas, ondulações longas e suaves podem manter-se por centenas de quilómetros, ao passo que ondas mais pequenas e altas terminam rapidamente. Próximo da costa o mar é geralmente pouco profundo e nas Hébridas, a uma profundidade de 10 m, a energia média seria de cerca de 10 KW/m, embora isto possa ser afectado significativamente pela topografia do fundo do mar e da costa, e numa passagem afunilada e estreita a energia média pode ser de cerca de 20 KW/m.

De acordo com o presente invento, proporciona-se uma instalação para captação da energia das ondas do mar, compreendendo meios que definem uma câmara, comunicando no seu parte in-

ferior com o mar, de modo que as ondas do mar obriguem o nível da água dentro da câmara a subir e a descer, uma conduta comunicando com um parte superior da câmara de modo que a referida variação do nível da água force o ar a escoar-se num sentido e no outro, através da conduta e meios de turbina, dispostos de modo a ficarem expostos ao referido escoamento de ar, compreendendo os meios de turbina duas turbinas montadas no mesmo veio, compreendendo cada uma das turbinas uma porção de cubo, uma pluralidade de pás direitas com uma secção transversal com perfil aerodinâmico, que se prolongam em s sensivelmente radiais a partir da porção de cubo e um anel circunferencial fixado nas extremidades exteriores das pás, concêntrico em relação à porção de cubo, tendo o anel uma massa suficiente para actuar como um volante e um momento de inércia superior à da porção de cubo e das pás.

De preferência, cada anel tem uma massa suficiente para que cada turbina armazene, pelo menos, 1 MJ de energia cinética a uma velocidade de rotação de 1650 rpm (o que requer um momento de inércia de, pelo menos, 67 kgm^2). Este volante proporciona a inércia suficiente para regularizar o fornecimento irregular da energia captada das ondas com menos de 5% de variação da energia que pode ser captada a partir dos meios de turbina. Uma vez que o anel está ligado directamente às pás da turbina, eliminam-se substancialmente os problemas de transmissão do binário entre o volante e a turbina. De preferência, o anel e as pás constituem uma única peça.

A instalação inclui também um gerador eléctrico, accionado pelos meios de turbina. Cada turbina é do tipo Wells (como descrito, por exemplo, na patente UK GB 1 595 700) e é, por conseguinte, accionada de modo a rodar no mesmo sentido independentemente do sentido do escoamento de ar. De preferência, cada turbina tem quatro pás igualmente afastadas entre si e, de preferência, as pás de uma turbina encontram-se desalinhadas em relação às da outra turbina. O rendimento de ponta destes meios de turbina com duas turbinas (um biplano) pode ser significativamente superior à de uma turbina monoplanar que

proporciona o mesmo grau de amortecimento ao movimento do nível de água. Além disso, uma turbina biplanar tipo Wells é menos susceptível de entrar em regime de perda, em funcionamento, do que uma turbina monoplanar visto que proporciona uma absorção eficaz de energia (entre cerca de 60 e 70%) ao longo de uma gama mais ampla de caudais de ar. A perda de uma turbina Wells ocorre se houver um aumento súbito do caudal de ar (devido a uma onda maior) sem o aumento correspondente da velocidade de rotação, visto que o ângulo de ataque do escoamento de ar em relação às pás aumenta para além do ângulo de perda. Com uma turbina biplanar o primeiro conjunto de pás entrará ainda em perda, mas a segunda turbina continua a proporcionar absorção de energia visto que o escoamento de ar é modificado pela primeira turbina. Pode ser obtida uma gama ainda mais vasta de caudais de ar, através dos quais a turbina biplanar proporciona uma absorção de energia suficiente, com pás não radiais, em particular se cada pá tiver a sua linha de centro paralela a uma linha radial, mas deslocada desta de um terço da corda da pá, na direcção do bordo traseiro da pá.

O processo preferido para construir cada turbina é o de formar quatro aberturas numa chapa de aço circular com o diâmetro da turbina e com uma espessura, por exemplo, de cerca de 25 mm, de modo a definir um cubo, um anel concêntrico e quatro raios e, em seguida fixar nestes, componentes com forma especial a cada raio de modo a formar as pás com secção transversal com perfil aerodinâmico.

Na concretização preferida, a instalação está localizada na costa marítima sendo a câmara construída de modo a comunicar com o mar por uma passagem, sendo a passagem de tal forma que concentre a energia das ondas no interior da câmara. A passagem pode ser um canal artificial ou uma passagem natural e está, de preferência, localizada na linha de costa exposta sensivelmente durante todo o ano à energia das ondas. Uma vez que a amplitude das ondas tende a aumentar com o alcance do lençol de água, nas Ilhas Britânicas verifica-se a maior energia das ondas nas costas ocidentais expostas ao Atlântico, por exemplo, na Cornualha, ou

nas Hébridas e na costa ocidental da Escócia. Nestes locais, mesmo que não haja vento há, pelo menos, alguma ondulação. De preferência, escolhe-se a localização do canal em relação à topografia do fundo local do mar e à linha de costa, de modo a maximizar a energia disponível das ondas. A câmara deve ser construída numa posição tal que comunique com o mar em todos os estados da maré. Dado que toda a construção e a subsequente conservação é efectuada em terra, a instalação é significativamente mais barata do que as instalações de captação da energia das ondas para utilização no mar alto.

De preferência, os meios de turbina incluem uma cobertura do cubo que apresenta uma face sensivelmente plana voltada para o escoamento de ar. De preferência, a conduta envolve os meios de turbina e define canais circunferenciais dentro dos quais rodam os anéis circunferenciais. De preferência, são proporcionados empanques de labirinto entre cada turbina e os componentes estacionários adjacentes situados no diâmetro exterior da porção de cubo e no diâmetro interior do anel circunferencial. Na concretização preferida, está localizado um anel envolvente estacionário com o diâmetro das porções de cubo entre as duas porções de cubo e um outro anel envolvente estacionário e adjacente envolve os meios que ligam os meios de turbina ao gerador, munido com empanques de labirinto como se descreveu anteriormente, e as porções do cubo são ambas perfuradas a fim de minimizarem as cargas axiais devidas à pressão de ar nas porções de cubo.

O invento será em seguida descrito, apenas por meio de exemplo, e com referência aos desenhos anexos, nos quais:

a Figura 1 mostra uma vista em perspectiva esquemática da instalação de captação da energia das ondas;

a Figura 2 mostra uma vista em corte da instalação da Figura 1;

a Figura 3 mostra uma parte da vista em corte da Figura 2 em

escala maior;

a Figura 4 mostra uma vista em corte pela linha IV-IV da Figura 3; e

a Figura 5 mostra uma vista em corte pela linha V-V da Figura 4, numa escala maior.

Referindo a Figura 1, mostra-se aí uma instalação de captação de energia das ondas 10 construída numa passagem ladeada por rochas 12 numa linha da costa, de forma que as ondas 14 embatam nela. Referindo a Figura 2, a instalação 10 inclui uma câmara 16 com secção transversal rectangular num plano horizontal, com cerca de 5 m de largura (a largura da passagem 12), com uma lage de cobertura de betão plana 17 cerca de 12 m acima do fundo do mar 18, prolongando-se as paredes laterais de betão direitas 19 para cima a partir dos lados de rocha da passagem 12, uma parede traseira de betão 20 vertical abaixo da qual se encontram cravados pilares (não representados) no fundo do mar 18 e cobertos por enchimento de rocha 22 e uma parede frontal de betão inclinada 24 cujo bordo frontal 25 está 12 m em frente da parede traseira 20 e cujo topo está a cerca de 5,5 m em frente da parede traseira 20. De cada lado da passagem 12. A lage 17 e as paredes 19, 20, 24 e 26 são construídas com vigas ocas pré-fabricadas no interior das quais (depois da montagem) é vazado betão, in situ, assegurando-se assim que a câmara 16 fique vedada ao ar. As vigas pré-fabricadas inferiores das paredes frontal e lateral entram em cada extremo em ranhuras previstas nas paredes opostas da passagem 12, sendo as ranhuras definidas em vigas de betão 27 vazadas, in situ, com o auxílio de cofragens, ao longo de cada lado da passagem 12; esta viga 27 proporciona também uma fundação para as paredes laterais 19.

O nível médio superior de água (primavera) é indicado por H e o nível médio inferior de água (primavera) está indicado por L. O bordo frontal 25 da parede lateral 24 é suficientemente baixo para ficar abaixo do nível da água em todos os estados da maré. As ondas 14 na passagem 12 dão lugar, consequentemente, a que o

nível de água suba e desça na câmara 16. Mesmo por debaixo da lage de cobertura 17 encontra-se uma passagem 30, na parede traseira 20, que comunica com uma conduta de ar 32. Os movimentos do nível de água na câmara 16 forçam o ar a escoar-se num sentido e no outro na conduta 32 e este escoamento de ar é usado para accionar uma turbina biplanar Wells 34 ligada a um gerador eléctrico 36 de 75 KW. Na boca da conduta 32 encontra-se uma válvula de borboleta 38 com a qual o escoamento de ar para a turbina pode ser cortado; neste caso o ar pode escoar-se para dentro e para fora da câmara 16 através de uma válvula obturadora (não representada), sendo as válvulas de borboleta 38 e obturadora actuadas, respectivamente, por almofadas pneumáticas (não representadas).

Com referência agora à Figura 3, a conduta 32 que conduz à turbina biplanar 34 inclui três porções de tubo 40, 41, 42, cada uma das quais afunilando em direcção à câmara 16, que podem mover-se telescopicamente entre si, para permitir o acesso à turbina biplanar 34. Para além da turbina biplanar 34, a conduta 32 é aberta, com uma extremidade alargada. A turbina biplanar 34 compreende dois discos de turbina circulares 45, descritos em seguida com mais pormenor, distanciados entre si de 0,5 m, tendo cada um deles 1,5 m de diâmetro, suportados por um conjunto de cubo e uma chumaceira 46 (Timken tipo LM 603049/LM 603011), com pares, pré-carregados axialmente, de rolamentos de rolos cónicos e um veio de interligação flutuante, estriado (pelo que pode ser ajustado o ângulo relativo entre os dois discos 45). O conjunto de rolamentos 46 está fechado dentro de um anel envolvente cilíndrico 48, e são ambos suportados coaxialmente à conduta 32 por uma aranha de três braços 50 (sendo mostrado apenas um braço). Cada braço da aranha 50 inclui um bloco rectangular envolvente 51 abarcando a abertura entre o anel envolvente 48 e a conduta 32, suportado por uma estrutura em X de tubos 52; a extremidade exterior de cada braço prolonga-se através da parede da conduta 32 e é embebida no betão que enche um invólucro quadrado 54 em torno desta parte da conduta 32. Um anel exterior 56 de cada disco de turbina 45 salienta-se para fora da conduta 32 e é fechado num respectivo invólucro anelar 58, ligado ao invólucro

54 por meio de tubos cruzados 60 embebidos no betão.

A conduta 32 é suportada por uma viga de armação 62, assim como o invólucro de betão 54 e também o gerador eléctrico 36, o qual está alinhado com a turbina biplanar 34 mas fora da conduta 32, e ainda um protector de segurança 66 que envolve o gerador 36 e a extremidade aberta da conduta 32. O gerador 36 está ligado ao veio da turbina biplanar 34 por um acoplamento 68 e um anel envolvente 70 com sensivelmente o mesmo diâmetro, estando o anel envolvente 48 fixo ao gerador 36, de modo a envolver o acoplamento 68.

Cada disco de turbina 45 compreende uma chapa de aço de 1,5 m de diâmetro e com a espessura inicial de 30 mm. Referindo as Figuras 4 e 5, são cortadas quatro aberturas em cada chapa para formar quatro raios igualmente espaçados entre si 72, sendo as aberturas limitadas pelos arcos concêntricos de 0,79 e 1,29 m de diâmetro; e cada chapa é maquinada para a espessura de 25 mm, deixando anéis salientes 74, 75 que formam ressaltos em cada extremidade de cada raio 72. Cada raio 72 é então envolvido pelas peças de cobertura moldadas 76, de material compósito, as quais são cobertas por uma folha delgada 76 de aço inoxidável polido, soldado ao longo do bordo posterior e rectificado para assegurar um bordo livre e aguçado, de modo a formar uma pá 80 de perfil transversal simétrico aerodinâmico. Os raios 72 estão em posições tais que as linhas de centro das pás 80 ficam paralelas às linhas radiais nas deslocadas na direcção do bordo posterior de um terço da corda da pá. Como se mostra na Figura 4, as pás 80 nos dois discos 45 estão desfasadas de 45° relativamente entre si. Como mostrado na Figura 3, uma cobertura plana de cubo 82 de 0,78 m de diâmetro, está ligada à face esquerda do disco da turbina esquerda 45.

Assim, em funcionamento, o ar escoa-se num e noutro sentido ao longo da passagem anelar entre a cobertura do cubo 82, o anel envolvente 48 e o anel envolvente 70, e a parede circundante da conduta 32. As pás 80 dos dois discos de turbina 45 ficam assim expostas ao escoamento de ar e são forçadas a rodar na direcção

da seta A da Figura 4. Embora o escoamento de ar varie em grandeza e direcção, os discos de turbina 45 sofrem sempre um binário no sentido da seta A e, devido à sua inércia de rotação, tendem a rodar a uma velocidade sensivelmente constante, tipicamente de cerca de 1650 rpm.

A fim de minimizar as cargas axiais no conjunto de chumaceira 46, a cobertura do cubo 82 e os cubos dos discos da turbina 45 são perfurados, e são proporcionados empanques de labirinto (não mostrados) de material de "mylar" com a forma de favo de mel, em ambas as extremidades do anel envolvente 48 e na extremidade do anel envolvente 70 próximo do disco da turbina 45. Em consequência, a pressão no interior dos anéis envolventes 48 e 70 é sempre sensivelmente igual à pressão no exterior da cobertura do cubo 82, ocorrendo ainda um escoamento de ar muito fraco através das perfurações. O uso de uma cobertura de cubo plana 82 em vez de um cone na extremidade da turbina biplanar 34 minimiza as perdas por atrito devido à sua pequena área (o escoamento de ar na conduta 32 que incide na turbina biplanar 34 é tipicamente apenas de cerca de 15 m/s).

Cada um dos discos da turbina 45, descritos anteriormente, tem um momento de inércia de cerca de 70 kgm^2, do qual a maior parte (cerca de 44 kgm^2) é contribuído pelo anel exterior 56. Consequentemente, à velocidade de rotação típica cada um deles tem uma energia cinética superior a um milhão de Joule, o que é suficiente para assegurar uma rotação sensivelmente constante da turbina biplanar 34 e do gerador 36 apesar das variações inevitáveis no escoamento de ar através da conduta 32. É desejável evitar a passagem de gotículas de água através da turbina biplanar 34. A altura da câmara 16 deve ser suficiente para proporcionar, pelo menos, 1 m de afastamento entre a passagem 30 e o nível da água em condições extremas: grande corrente de maré, golpe de tempestade máximo, baixo amortecimento da oscilação da coluna de água e enlameamento da superfície. No entanto, pode ser recomendável proporcionar, na conduta 32, separadores de humidade (não representados), como é conhecido, por exemplo, para uso nas entradas de ar nas plataformas de

petróleo "off-shore".

Deve considerar-se que uma instalação para captação de energia das ondas pode diferir da descrita anteriormente embora mantendo-se dentro do âmbito do invento. Por exemplo, pode ser proporcionada uma única câmara 16 com mais do que uma passagem 30, proporcionando cada passagem 30 o escoamento de ar para uma turbina biplanar 34 diferente, accionando um respectivo gerador 36. Ainda uma passagem de rocha 12 pode ser coberta por uma série de câmaras 16 lado-a-lado, sensivelmente como se descreveu anteriormente, fornecendo cada uma um escoamento de ar para uma turbina biplanar independente 34, como se descreveu anteriormente.

R E I V I N D I C A Ç Õ E S

1 - Instalação para captação da energia das ondas, em especial do mar, compreendendo meios que definem uma câmara (16), comunicando no seu lado inferior com o mar, de modo que as ondas obriguem o nível da água no interior da câmara a subir e a descer, uma conduta (32), comunicando com a parte superior da câmara, de modo que a referida variação do nível da água force o ar a escoar-se num sentido e no outro através da conduta, e meios de turbina (34), dispostos de modo a ficarem expostos ao referido escoamento de ar, compreendendo os meios de turbina duas turbinas (45) montadas no mesmo veio, passando o referido escoamento de ar através das duas turbinas em série, compreendendo cada turbina uma porção de cubo, uma pluralidade pás direitas com uma secção transversal de perfil aerodinâmico (80), que se prolongam em planos sensivelmente radiais a partir da porção de cubo e caracterizada por compreender um anel circunferencial (56), fixado nas extremidades exteriores das pás (80), concêntrico em relação à porção de cubo, tendo o anel (56) uma massa suficiente para actuar como volante e um momento de inércia superior à da porção de cubo e das pás (80).

2 - Instalação de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por cada anel (56) ter uma massa suficiente para que cada turbina (45) tenha um momento de inércia de, pelo menos, 67 kgm^2.

3 - Instalação de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizada por cada anel (56) e as pás (80) da respectiva turbina (45) constituírem uma única peça.

4 - Instalação de acordo com a reivindicação 3, caracterizada por cada turbina (45) compreender uma única chapa circular, que define a porção cubo, raios (72) e o anel (56), e componentes com conformação especial (76, 78) fixados a cada raio (72), para formarem as pás (80) de secção transversal de perfil aerodinâmico.

5 - Instalação de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizada por as pás (80) de cada turbina (45) estarem igualmente afastadas, entre si, e as pás de uma turbina (45) se encontrem desalinhadas em relação às da outra turbina (45).

6 - Instalação de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizada por a linha de centro de cada pá

(80) ser paralela a uma linha radial, mas deslocada desta, de um terço da corda da pá (80), em direcção à aresta traseira da pá (80).

7 - Instalação de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizada por os meios de turbina incluírem também uma cobertura de cubo (82), que apresenta uma face sensivelmente plana voltada para o escoamento do ar.

8 - Instalação de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizada por a conduta (32) envolver os meios de turbina (34) e definir canais circunferenciais (58), no interior dos quais rodam os anéis circulares (58).

9 - Instalação de acordo com a reivindicação 8, caracterizada por serem proporcionados empanques labirínticos, entre cada turbina (45), e componentes estacionários adjacentes no diâmetro exterior da porção de cubo e no diâmetro interior do anel circunferencial (56).

10 - Instalação de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizada por a carenagem (48), do diâmetro das porções de cubo, estar situada entre as duas porções de cubo, e uma outra carenagem estacionária (70) envolver os meios (68) que ligam os meios de turbina (34) a um gerador (36), munida com empanques labirínticos entre cada anel envolvente, e as porções adjacentes às porções de cubo serem ambas perfuradas, a fim de minimizar as cargas axiais devidas à pressão de ar nas porções de cubo.

Lisboa, 17. OUT. 1991

Por SECRETARY OF STATE FOR TRADE AND INDUSTRY IN HER BRITANNIC MAJESTY'S GOVERNMENT OF THE UNITED KINGDOM OF GREAT BRITAIN AND NORTHERN IRELAND

=O AGENTE OFICIAL=

ENG.º ANTÓNIO JOÃO
DA CUNHA FERREIRA
Ag. Of. Pr. Ind.
Rua das Flores, 74 - 4.º
1200 LISBOA

Fig. 1.

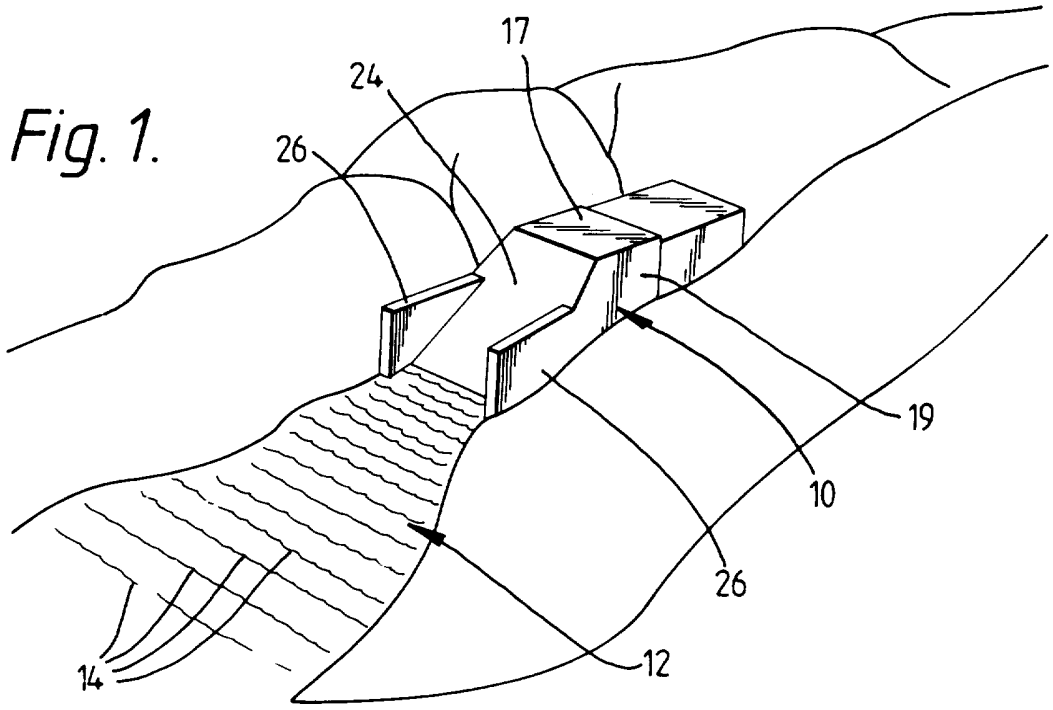


Fig. 4.

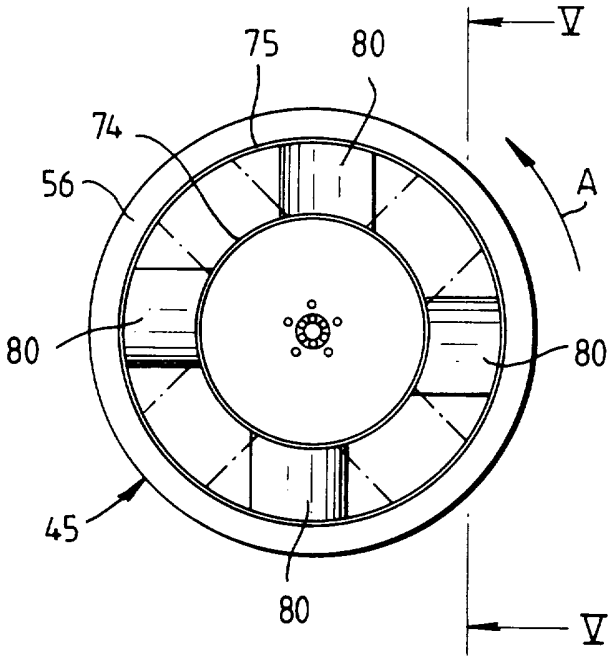


Fig. 5.

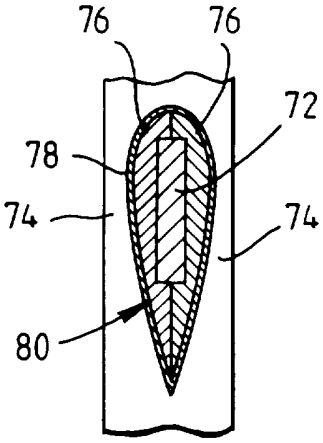


Fig. 2.

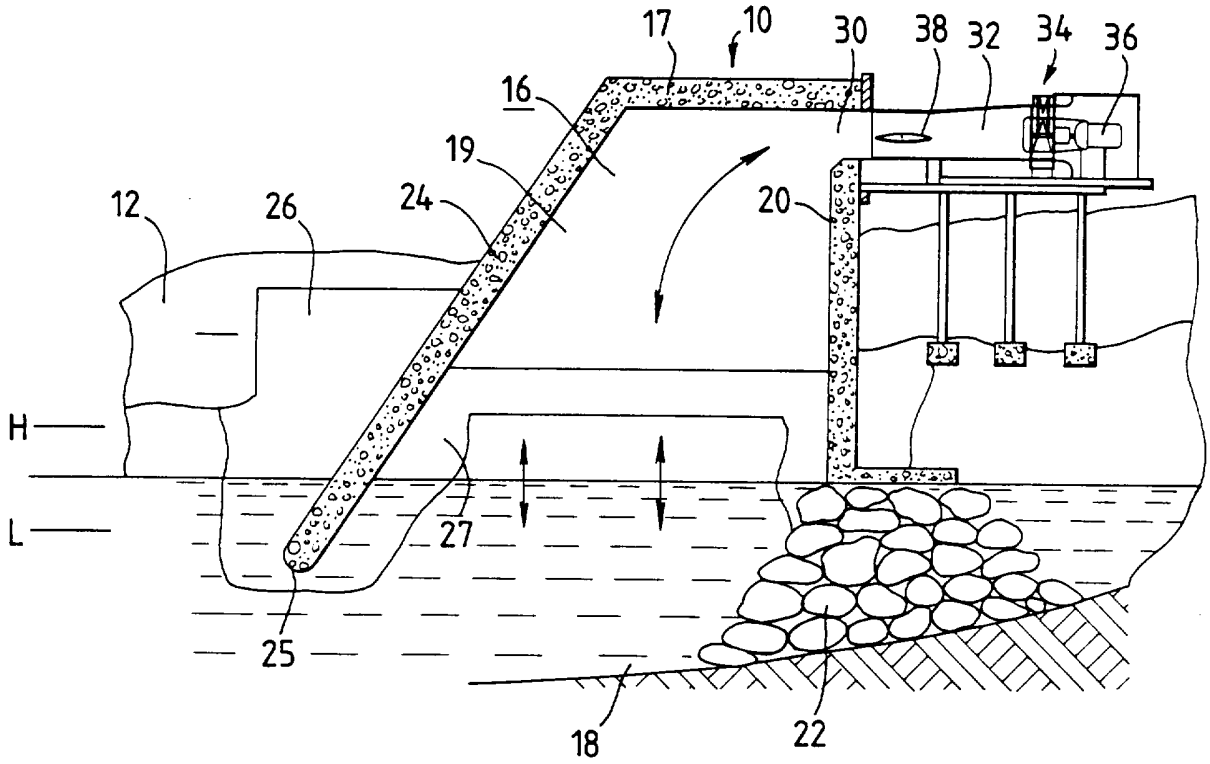
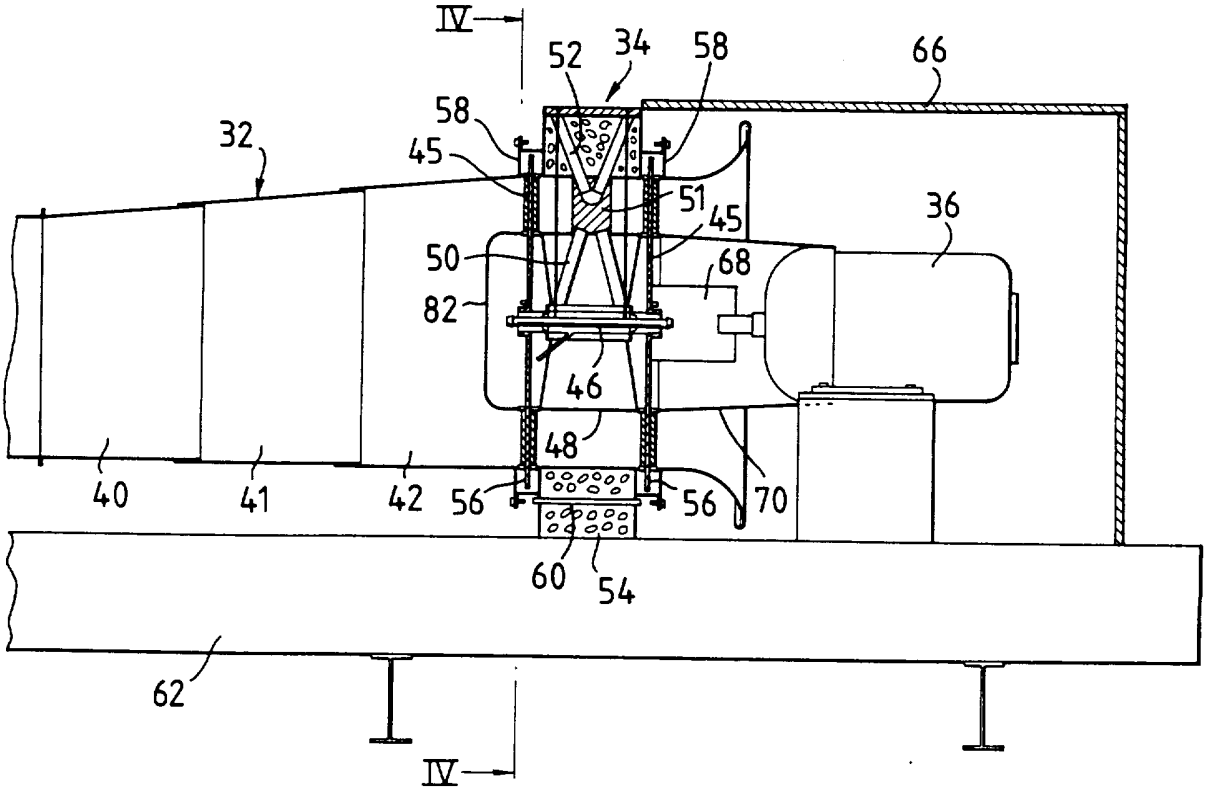

17
10
30
38
32
34
36
16
19
12
26
24
20
H
L
27
25
18
22

Fig. 3.


IV
52
34
58
66
58
32
45
51
45
36
50
68
82
46
48
40
41
42
56
56
70
60
54
62
IV