

(12) PEDIDO INTERNACIONAL PUBLICADO SOB O TRATADO DE COOPERAÇÃO EM MATÉRIA DE PATENTES
(PCT)

(19) Organização Mundial da
Propriedade Intelectual
Secretaria Internacional

(43) Data de Publicação Internacional
16 de Agosto de 2018 (16.08.2018)



(10) Número de Publicação Internacional
WO 2018/147753 A1

(51) Classificação Internacional de Patentes:
F03B 13/14 (2006.01)

(21) Número do Pedido Internacional:
PCT/PT2018/000002

(22) Data do Depósito Internacional:
09 de Fevereiro de 2018 (09.02.2018)

(25) Língua de Depósito Internacional: Português

(26) Língua de Publicação: Português

(30) Dados Relativos à Prioridade:
109903 09 de Fevereiro de 2017 (09.02.2017) PT

(71) Requerente: **INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO**
[PT/PT]; Avenida Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa (PT).

(72) Inventores: **REZANEJAD, Kourosh**; Rua Eusébio da Silva Ferreira, L3, r/c FT, 2720-803 AMADORA (PT). **SOARES, Carlos Guedes**; Rua Adelino Mendes 91, Vivenda 1, São Pedro do Estoril, 2765-082 Estoril (PT).

(81) Estados Designados (*sem indicação contrária, para todos os tipos de proteção nacional existentes*): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: WAVE ENERGY CONVERSION DEVICE

(54) Título: DISPOSITIVO DE CONVERSÃO DA ENERGIA DAS ONDAS

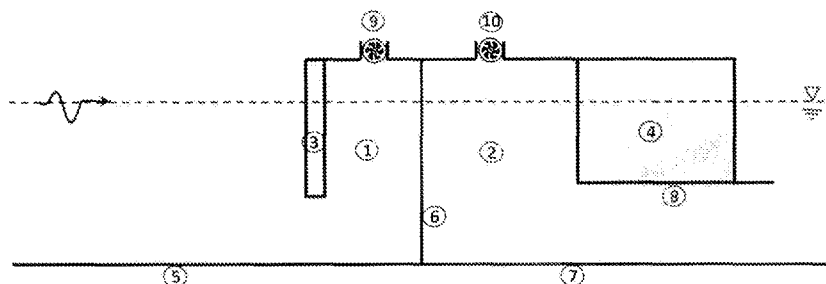


Figura 1

(57) **Abstract:** The present invention relates to a wave energy conversion device with two oscillating water columns. The anterior, or front, column is the first to receive the contact of the incident wave system, which will then be felt on the rear column. The rear buoyancy module (4) in conjunction with the rear turbine (TO) and the rear chamber (2) limited by the intermediate dividing wall (6), by the lower plate (7) and by the upper plate (8), constitute the rear part of the system. The anterior buoyancy module (3), the anterior turbine (9) and the anterior chamber (1) limited by the intermediate dividing wall (6) and by the horizontal plate (5), aligned with the upper plate (8) and separated from this intermediate dividing wall (6), are fundamental elements of the anterior, or front, part of the device. The anterior and rear turbines (9 and 10) are independent and each one operates in each one of the two modules that constitute this converter.

(57) **Resumo:** A presente invenção refere-se a um dispositivo de conversão da energia das ondas com duas colunas de água oscilante. A coluna anterior ou dianteira é a primeira a receber o contacto do sistema de ondas incidentes, que depois vão fazer-se sentir na coluna posterior. O módulo de flutuação posterior (4) em conjunto com a turbina posterior (TO) e a câmara posterior (2) limitada pela parede divisória intermédia (6), pela placa inferior (7) e pela placa superior (8), constituem a parte posterior do sistema. O módulo de flutuação anterior (3), a turbina anterior (9) e a câmara anterior (1) limitadas pela parede divisória intermédia (6) e pela placa horizontal (5), alinhada com a placa superior (8) e separada desta pela parede divisória intermédia (6), são elementos fundamentais da parte anterior ou dianteira do dispositivo. As turbinas anterior e posterior (9 e 10) são independentes e cada uma opera em cada um dos dois módulos

(Continua na página seguinte)

WO 2018/147753 A1

(84) **Estados Designados** (*sem indicação contrária, para todos os tipos de proteção regional existentes*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasiático (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), Europeu (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Declarações sob a Regra 4.17:

— *relativa à autoria da invenção (Regra 4.17(iv))*

Publicado:

— *com relatório de pesquisa internacional (Art. 21(3))*

— *com reivindicações modificadas e declaração (Art. 19(1))*

DESCRIÇÃO

DISPOSITIVO DE CONVERSÃO DA ENERGIA DAS ONDAS

Campo da invenção

A presente invenção refere-se a um dispositivo de conversão da energia das ondas com duas colunas de água oscilante. O conversor de energia das ondas (CEO) permite uma redução dos custos de produção de eletricidade com o aumento da eficiência e com a diminuição dos custos do equipamento, quando comparado com outros congéneres.

Estado da técnica

Devido às limitações das fontes de energia renováveis fósseis e ao facto de o seu processo de produzir energia aumentar a poluição ambiental, os recursos de energia renováveis têm-se mostrado atraentes. De entre as fontes de energia renováveis, a energia das ondas é considerada como sendo um dos recursos de fronteira uma vez que uma grande parte da energia mundial está concentrada nos oceanos. A energia das ondas disponível mundialmente estimada pelo Conselho Mundial da Energia é de 17,5 PWh (PWh = Peta Watt por hora = 10^{12} kWh, sendo comparável com o consumo mundial anual energético de 16 PWh (Boyle, G., 2004. "Renewable energy - power for a sustainable future". Oxford University Press).

Existem vários conceitos e projetos de conversores de energia das ondas (CEO), alguns dos quais já estão implementados no mar, outros foram construídos e testados à escala de modelo. Uma grande parte deles ainda está numa fase de desenvolvimento e outros estão ainda numa etapa conceptual. Um dos desafios principais no desenvolvimento dos CEOs é o

custo elevado da energia produzida por estes dispositivos. Uma vez que o custo do projeto, construção e manutenção destes CEOs continua a ser elevado e leva a uma produção pouco económica de energia comparativamente a outros equipamentos disponíveis de produção de energia, foram feitas várias tentativas de inventar CEOs mais eficientes. É evidente que a influência direta do aumento de eficiência é a diminuição do custo de produção de energia. Por isso, na presente invenção há o objetivo de reduzir a energia de produção através da implementação simultânea de dois critérios diferentes. Por um lado, houve a preocupação de projetar o dispositivo de maneira a que possua uma elevada eficiência primária para uma vasta gama de frequências das ondas. Por outro, tentou-se remover algumas partes mais dispendiosas do dispositivo através do projeto da planta. O novo CEO consegue preencher ambos os requisitos. Possui elevada largura de captura para converter energia das ondas em energia pneumática e também, por outro lado, foram retirados mecanismos complicados de controlo. De facto, a ocorrência de vários tipos de mecanismos de ressonância hidrodinâmica faz com que a conversão de energia das ondas em energia pneumática seja altamente eficaz e não seja sensível às variações de amortecimento resultantes das dimensões das turbinas. Consequentemente, a necessidade de utilizar sistemas de controlo complicados nas dispendiosas turbinas de ar é eliminada. Deve ser evidenciado que, de acordo com desenvolvimentos recentes no projeto de turbinas de ar altamente eficientes aplicáveis numa enorme gama de frequências, como por exemplo no pedido de patente número US201113580099, "Turbine with radial inlet and outlet rotor for use in bidirectional flows", espera-se que a eficiência de transformação da energia das ondas para elétrica seja

melhorada implementando este novo projeto do CEO que possui valores elevados de eficiência primária.

O dispositivo de coluna de água oscilante (CAO) consiste num caixão de extremidade aberta, que se encontra parcialmente imerso na água. A coluna de água dentro da câmara tem flutuações de pressão alternadas devido às ondas incidentes. Esta flutuação move o ar acima da superfície livre interna da câmara através da turbina, que induz o gerador elétrico a produzir eletricidade. Toda a unidade de recuperação de energia é, geralmente, colocada acima da câmara, não estando por isso em contacto direto com a água. Vários dispositivos CEO foram até agora idealizados para atuar nestas bases e, consequentemente, podem ser categorizados como dispositivos de CAO. Uma vez que o novo CEO apresentado no presente pedido de patente pode ser considerado como um dispositivo flutuante tipo CAO, todas as principais invenções anteriores que sejam flutuantes (ou que tenham a capacidade de se tornarem flutuantes) e atuem como CAO são revistas, sendo possível verificar que qualquer uma destas invenções não é idêntica ao novo dispositivo CEO que se pretende proteger.

Alguns dos projetos de dispositivos de CAO atuam somente como um dispositivo CAO flutuante embora possam também ser aplicados em parques de energia, como por exemplo os dispositivos flutuantes CAO anteriormente apresentados nos pedidos de patentes GB20080007183, "Oscillating-water-column wave-energy device having a helical column"; US20100795008, "Wave power plant according to the principle of the oscillating water column"; WO2011RU00540, "Floating element of a wave station"; DE20101053300, "Construction for converting wave energy into current in e.g. ocean, has floaters attached at steel frame, swot-oscillating water

column system for driving construction, and frames i.e. steel pipes, welded together"; CN20132442966U, "Offshore oscillating water column power generation device"; GB20140012997, "A wave energy converter".

Em alguns planos de dispositivos flutuantes de CAO foram implementadas câmaras múltiplas, como por exemplo nos dispositivos CAO flutuantes previamente descritos nos seguintes pedidos de patentes: FR19780028577 - "Sea wave energy converter - uses hollow floating chambers with open bottoms, which pump air to drive turbines"; CA19992286545 - "OWC energy center"; WO2012ES00050 - "Floating structure and installation for using the energy of the surge of the waves, using a floating catamaran with several oscillating water column chambers"; US20050658722 - "Modular near-shore wave-powered energy collection system"; US20070300462 - "Wave energy generator"; DE20091008211 - "Wave-driven power station for converting wave energy into usable energy, has openings on its lower side or is open downward, so that the water level rises and falls unhindered with passing waves and activates a propeller or turbine"; US20090994685 - "Energy converter"; GB20120013884, "Plural OWC system with angled ports"; WO2005GB01166 - "Wave energy conversion apparatus"; GB20090009801 - "Wave energy generator with multiple turbines". Estes planos contêm, pelo menos, duas câmaras onde uma coluna de água aprisionada oscila dentro delas. Pela aplicação deste conceito, seria possível aumentar a energia de produção a partir de ondas embora o custo de manufatura da planta seja também aumentado. Por isso, uma análise económica e justificações devem ser aplicadas de modo a avaliar o custo da energia produzida antes de se iniciar a construção da planta. Deve-se destacar que cada câmara destes CEOs tem a sua própria frequência de

ressonância e, conseqüentemente, a aplicação dos seus sistemas combinados numa plataforma aumenta a largura da banda de frequência com eficiência melhorada. É de salientar que o sistema pode absorver quase todas as energias de ondas incidentes quando o fenómeno de ressonância ocorre na câmara. Assim, o sistema melhorou a eficiência nesta frequência de ressonância. No caso em que o CEO tem várias frequências de ressonância o sistema tem valores elevados de eficiência em cada uma dessas frequências (e, provavelmente, nos intervalos de frequência entre elas) o que leva, eventualmente, a aumentar totalmente a elevada eficiência da frequência da largura de banda.

Um dispositivo flutuante de CAO específico foi inventado por Masuda e Toshiari e apresentado no pedido de patente nº EP19990302807 - "Wave energy absorber of the oscillating water column type", e denomina-se bóia com conduta encurvada para trás (BCET). A presença de força de tração reversa para gamas de frequência específicas de ondas incidentes que fazem com que o dispositivo se mova na direção das ondas é uma das vantagens exclusivas deste tipo de dispositivo flutuante de CAO. Esta força de movimento negativa reduz substancialmente as forças de ancoragem. Adicionalmente, a eficiência do dispositivo é elevada devido à ocorrência de movimentos relativos entre o dispositivo e a água presa no interior. No entanto, a área de entrada das ondas dentro do dispositivo BCET está localizada a jusante. Um plano semelhante de dispositivo BCET foi introduzido por McCarthy Michael John Martin & Whelan Michael Martin no pedido de patente nº US20070446095 - "A floatable wave energy converter and a method for improving the efficiency of a floatable wave energy converter". O dispositivo tem três câmaras-de-ar ao

alto localizadas no compartimento e três canais de acomodação de água correspondentes.

A ideia básica do projeto de alguns conversores de energia das ondas estava concentrada na implementação de planos combinados de vários tipos de conversores correntes de energia de onda, vento e corrente juntos e integrados numa plataforma que provavelmente conduzirá à redução dos custos da energia produzida pela planta. Com este conhecimento, o significado para a absorção de energia das ondas pode ser um dispositivo de coluna de água oscilante, como os descritos nos seguintes pedidos de patentes: WO1993GB02072 - "Combined wind and wave power generator"; US20070311527 - "Wave and wind power generation"; CN20141448186 - "Offshore wind turbine platform combined with oscillating water column type wave energy device"; DE201110118254 - "Combined off-shore energy plant for producing wave and wind energy to be converted into electric energy, has wind turbine and/or wave turbine mechanically coupled with each other and connected with generator as function of sensor system"; GB20060020669 - "Combined water current and wave energy powered installation"; GB20000019235 - "Offshore power generating structure"; DE1995104356 - "Multiple system wave energy converter for electricity generation".

Resumo da invenção

A presente invenção refere-se a um novo conversor de energia das ondas com duas colunas de água oscilante, a anterior e a posterior, relativamente às ondas incidentes.

O dispositivo, objeto da presente invenção, é constituído por:

- a) O sistema de coluna de água oscilante anterior localizado a jusante das ondas que compreende os seguintes elementos: uma câmara anterior (1) delimitada na base por uma placa horizontal (5), e no topo por uma turbina anterior (9), estando esta ligada a uma parede divisória intermédia (6) no lado direito, e a um módulo de flutuação anterior (3) no lado esquerdo;
- b) O sistema de coluna de água oscilante posterior compreendendo os seguintes elementos: uma câmara posterior (2) delimitada na base pela placa inferior (7), e no topo por uma turbina posterior (10) estando esta ligada à parede divisória intermédia (6) no lado esquerdo, e a um módulo de flutuação posterior (4) no lado direito, o qual está delimitado no topo por uma placa superior (8).

O dispositivo pode ser ancorado ao fundo do mar através de catenárias ou de linhas de ancoragem com folga ou através da combinação de ambos.

Por outro lado, o módulo de flutuação anterior (3), a placa horizontal (5) e a parede divisória intermédia (6) são membros fundamentais da CAO anterior. Cada uma das CAO do CEO destina-se a absorver a energia das ondas de superfície com gamas específicas de largura de banda das frequências das ondas. Ou seja, nas gamas de frequência em que os movimentos do dispositivo ou da água encurralada no interior estão magnificados (devido à ocorrência de ressonância), a parte posterior terá um papel dominante na absorção de energia das ondas relativamente à parte anterior. Nesta situação antecipa-se que deverá ocorrer uma redução na força de amarração devido à força de ação negativa da deriva de onda que atua sobre no dispositivo posterior. No caso de as

oscilações do aparelho serem pequenas, a CAO anterior deve absorver a maior parte da energia das ondas incidentes.

Consequentemente, as dimensões da câmara anterior (1) e da placa horizontal (5) devem ser determinadas para que imponham condições de ressonância à coluna de água dentro da câmara anterior (1) o que provocará o aumento da eficiência do aparelho. Por isso, as ações apropriadas de cada uma das partes do novo conversor de energia de onda (CEO) originam uma largura de frequências mais eficiente que cobre toda a gama de frequências típicas das vagas de vento e da ondulação. Nesta situação, antecipa-se que a implementação de ferramentas de controlo complicadas para estabelecer controlo de fase ou outras aproximações ativas e reativas pode ser eliminada ao usar turbinas de velocidade com razão constante de amortecimento. Os quatro mecanismos de ressonância, incluindo ressonância de oscilações do dispositivo, o movimento de ressonância das CAOs inseridas dentro da câmara anterior (1) e da câmara posterior (2) e, finalmente, ressonância de porto - ressonância dedicada à influência que a placa horizontal (5) que se estende horizontalmente para fora da câmara anterior (1) - proporciona uma razão de largura de captura altamente eficaz para o dispositivo.

Descrição detalhada da invenção

A presente invenção refere-se a um novo conversor de energia das ondas com duas colunas de água oscilante, a anterior e a posterior, relativamente às ondas incidentes.

O dispositivo, objeto da presente invenção, é constituído por:

- a) O sistema de coluna de água oscilante anterior localizado a jusante das ondas que compreende os seguintes elementos: uma câmara anterior (1) delimitada na base por uma placa horizontal (5), e no topo por uma turbina anterior (9), estando esta ligada a uma parede divisória intermédia (6) no lado direito, e a um módulo de flutuação anterior (3) no lado esquerdo;
- b) O sistema de coluna de água oscilante posterior compreendendo os seguintes elementos: uma câmara posterior (2) delimitada na base pela placa inferior (7), e no topo por uma turbina posterior (10) estando esta ligada à parede divisória intermédia (6) no lado esquerdo, e a um módulo de flutuação posterior (4) no lado direito, o qual está delimitado no topo por uma placa superior (8).

Na presente invenção, a turbina anterior (9) está dedicada ao sistema de coluna de água oscilante anterior e a turbina posterior (10) está dedicada ao sistema de coluna de água oscilante posterior, o que permite otimizar cada turbina para as condições de funcionamento de cada sistema.

O dispositivo pode ser ancorado ao fundo do mar através de catenárias ou de linhas de ancoragem com folga ou através da combinação de ambos.

O critério principal no desenvolvimento de dispositivos de energia renováveis é o custo da produção de energia. A este respeito, no campo dos conversores de energia das ondas, foram feitas várias tentativas para reduzir o custo de produção de energia através da implementação de várias técnicas, como o aumento de eficiência do aparelho, incorporando CEOs em plataformas de objetivos múltiplos de modo a partilhar os custos de construção e manutenção entre

as várias partes independentes da plataforma, removendo partes mais dispendiosas do dispositivo através da implementação de ferramentas económicas apropriadas, da otimização do projeto das placas que eliminam a necessidade de usar utensílios dispendiosos para o aparelho, da implementação de vários tipos de instrumentos de energia renovável numa plataforma, da implementação de CEOs marítimos nos parques de ondas o que reduz o custo de transferência da energia produzida, entre outros.

O conceito geral do novo CEO apresentado nesta invenção está ilustrado nas figuras 1 e 2. Está direcionado para ser aplicado nas técnicas acima mencionadas e simultaneamente neste novo CEO. De facto, o plano é a combinação do CAO com o porto de fronteira, que configura a placa horizontal (5), e o dispositivo de CAO posterior. Os dois módulos de flutuação anterior (3) e posterior (4) da CAO providenciam a flutuabilidade do dispositivo e os cabos de amarração apropriados mantêm o aparelho em posição tal como mostra a figura 2. Os cabos de ancoragem do dispositivo ligam com a âncora (13) e podem também ser equipados com um módulo de flutuação (11) e um módulo de lastro (12) como se indica na figura 2.

O sistema CAO anterior inclui os seguintes componentes na Figura 1: câmara anterior (1), módulo de flutuação anterior (3), placa inferior (5), parede divisória intermédia (6) e turbina anterior (9). As colunas de água presas na câmara anterior (1) e acima do porto do CAO - placa horizontal (5) têm duas frequências específicas de ressonância diferentes.

É evidente que o desempenho do sistema é aproximado ao valor mais alto dessas frequências de ressonância e,

consequentemente, o sistema absorve energia de quase todas as frequências de ondas incidentes. Neste caso, essas dimensões do CAO e do seu porto são projetadas apropriadamente; as suas duas frequências de ressonância podem ocorrer com intervalos de frequência apropriados entre cada um. Nesta situação, a queda de eficiência é muito pequena entre esses mecanismos de ressonância tal como foi demonstrado por Rezanejad et al (Rezanejad, K., Bhattacharjee, J. and Guedes Soares, C., 2013. Stepped sea bottom effects on the efficiency of nearshore oscillating water column device. *Ocean Engineering* 70, 25-38). Consequentemente, o aparelho tem valores elevados de eficiência primária no intervalo de frequência desses fenómenos de ressonância. Uma vez que a eficiência primária do aparelho na condição de ressonância não é muito sensível à variação do coeficiente de amortecimento da turbina, a turbina anterior (9) com constante de amortecimento apropriada pode ser implementada para o sistema CAO anterior. Nesta situação a eficiência do aparelho é mantida a valores o mais elevados quanto possível enquanto a instrumentação dispendiosa de controlo da turbina é eliminada. É de salientar que o sistema CAO anterior terá valores elevados de eficiência apenas quando os movimentos do dispositivo forem muito pequenos tal como demonstrado por Rezanejad e Guedes Soares (Rezanejad, K. and Guedes Soares, C., 2014; Numerical study of a large floating oscillating water column device using a 2D boundary element method. Guedes Soares, C. & Lopez Pena F., (Eds.). *Developments in Maritime Transportation and Exploitation of Sea Resources*. Francis & Taylor Group London, UK; pp. 951-960). Para compensar esta limitação, o sistema de CAO posterior é incorporado no dispositivo do CEO como uma parte complementar do aparelho, que terá um papel importante nestas situações.

O sistema de CAO posterior inclui os seguintes elementos, como mostra a Figura 1: câmara posterior (2), módulo de flutuação posterior (4), parede divisória intermédia (6) que é a ligação entre os sistemas CAO anterior e posterior, pela placa inferior (7), placa superior (8) e turbina posterior (10). O CAO posterior tem como tarefa a absorção de energia quando o movimento do aparelho é considerável e o sistema de CAO anterior não consegue absorver a energia das ondas. Por outras palavras, pela aplicação simultânea dos sistemas de CAO anterior e posterior, exploram-se dois mecanismos diferentes onde o sistema anterior é efetivo com pequenos movimentos do flutuador e o posterior é ativo para movimentos maiores. É de salientar que, ao contrário do sistema anterior, a CAO posterior não é eficiente quando os movimentos do aparelho são pequenos, tal como foi provado por Rezanejad e C. Guedes Soares (Rezanejad, K. & Guedes Soares, C. 2015. Hydrodynamic performance assessment of a floating oscillating water column. Maritime Technology and Engineering. Taylor & Francis Group, London, UK. pp: 1287-96).

De facto, o movimento relativo da CAO posterior com respeito à coluna de água dentro da câmara posterior (2) é a origem da absorção de energia das ondas. Por esta razão, a CAO posterior não recolhe grandes quantidades de energia quando o flutuador tem movimentos pequenos. A água presa no interior da câmara posterior (2), juntamente com os movimentos do aparelho (movimento de arfagem relativo à superfície livre das ondas), tem frequências específicas de ressonância diferentes. Em cada uma dessas frequências de ressonância a eficiência do aparelho aproxima-se do seu valor máximo como demonstrado por Rezanejad e C. Guedes Soares (Rezanejad, K. & Guedes Soares, C. 2015. Hydrodynamic performance

assessment of a floating oscillating water column. Maritime Technology and Engineering. Taylor & Francis Group, London, UK. pp: 1287-96). Se as dimensões da parte posterior do dispositivo forem projetadas de forma a que as suas frequências de ressonância sejam distribuídas em intervalos de frequência apropriados, pode-se produzir uma banda larga da curva de elevada eficiência. Esta curva de banda larga de alta eficiência cobre quase todas as gamas de frequência de vagas de vento e ondulação o que leva, em princípio, a um aumento considerável de energia gerado pelo aparelho.

O principal aspeto do princípio de funcionamento do dispositivo é que o movimento é pequeno nas frequências de ressonância do sistema CAO anterior absorve a energia das ondas como uma parte ativa enquanto a parte posterior não recebe elevadas quantidades de energia nesta situação. Por outro lado, na frequência de ressonância da parte posterior, o sistema anterior não absorve energia das ondas de uma forma efetiva e a maior parte da energia é absorvida pela parte posterior. É de salientar que a força negativa de deriva pode ocorrer para o aparelho em frequência de ressonância de arfagem que reduz consideravelmente as cargas na amarração como demonstrado por Masuda Yoshio & Kuboki Toshiari no pedido de patente nº EP19990302807 - "Wave energy absorber of the oscillating water column type". Tal como na CAO anterior, pode-se instalar na CAO posterior uma turbina posterior (10) com coeficiente apropriado de amortecimento constante eliminando a necessidade de usar ferramentas de controlo dispendiosas sem uma interrupção maior na quantidade de energia capturada a partir das ondas.

As figuras 1 e 2 mostram o plano típico do novo conversor CEO introduzido nesta invenção. Como pode ser confirmado

através das figuras, cada um dos sistemas CAO anterior e posterior têm as suas próprias turbinas: a turbina anterior (9) e a turbina posterior (10). Assim, sendo, a pressão no interior da câmara anterior (1) da CAO e da câmara posterior (2) pode ser diferente. Essas pressões têm um efeito de radiação e, conseqüentemente, a interação hidrodinâmica ocorre entre as câmaras, o que pode ser benéfico para implementar novas melhorias na eficiência do aparelho por sistemas CAO com multi-câmaras.

Além disso, uma falha nas linhas de ancoragem é um dos principais desafios no projeto. Uma vez que o novo CEO inclui uma CAO posterior, é esperado que, a diferentes frequências, a força inversa de deriva atue na estrutura provocando a diminuição da força nas linhas de ancoragem e previna a falha dessas mesmas linhas, sendo esta uma vantagem deste CEO.

Descrição das figuras

A Figura 1 representa o plano esquemático do corte transversal do novo conversor de energia das ondas de CAO dupla (primeiro plano).

A Figura 2 representa o plano esquemático 3D do novo conversor de energia das ondas.

Lisboa, 7 de fevereiro de 2018.

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo de conversão da energia das ondas, caracterizado por ser constituído por:

- a) Um sistema de coluna de água oscilante anterior localizado a jusante das ondas que compreende os seguintes elementos: uma câmara anterior (1) delimitada na base por uma placa horizontal (5), e no topo por uma turbina anterior (9), estando esta ligada a uma parede divisória intermédia (6) no lado direito, e a um módulo de flutuação anterior (3) no lado esquerdo;
- b) Um sistema de coluna de água oscilante posterior compreendendo os seguintes elementos: uma câmara posterior (2), delimitada na base por uma placa inferior (7), e no topo por uma turbina posterior (10), estando esta ligada à parede divisória intermédia (6) no lado esquerdo, e a um módulo de flutuação posterior (4) no lado direito, o qual está delimitado no topo por uma placa superior (8).

2. Dispositivo de conversão da energia das ondas, de acordo com a reivindicação anterior, caracterizado por a turbina anterior (9) estar dedicada ao sistema de coluna de água oscilante anterior e a turbina posterior (10) estar dedicada ao sistema de coluna de água oscilante posterior.

3. Dispositivo de conversão da energia das ondas, de acordo com as reivindicações anteriores, caracterizado por ser ancorado ao fundo do mar com a utilização de catenárias ou linhas de ancoragem com folga ou uma combinação de ambas.

Lisboa, 7 de fevereiro de 2018.

REIVINDICAÇÕES MODIFICADAS

Recebidas pela Secretaria Internacional no dia 23 de julho de 2018 (23.07.2018)

CLAIMS

1- Wave energy converter device characterized in that it is composed by:

a) An anterior oscillating water column system located upstream of the waves which comprises the following elements: an anterior chamber (1) delimited on the bottom by a horizontal plate (5) and on the top by an anterior turbine (9) connected to an intermediate wall (6) on the right side and to a buoyancy module (3) on the left side;

b) A posterior oscillating water column system comprising the following elements: a posterior chamber (2) delimited on the bottom by an inferior plate (7) and on the top by a posterior turbine (10) connected to the intermediate wall (6) on the left side and to a buoyancy module (4) on the right side, which is delimited on the top by a superior plate (8).

2- Wave energy converter device, according to the previous claims, characterized in that it is moored to the sea bottom with the use of catenary or slack mooring lines or a combination of both.

Statement under Article 19(1)

Concerning "Re Item V, 1", it was considered that the invention introduced in this patent application has the following substantial differences from the previously patented concept D1:

1. Both chambers of the invention D1 have almost identical geometrical shapes. However, in this invention, the chambers 1 and 2 that constitute the main structure of the device have different geometrical shapes. Chamber 1 has rectangular shape which is supported by the bottom plate 5. This special geometrical configuration provides an appropriate condition to absorb energy of waves when the motions of the device are relatively small. On the other hand, the chamber 2 has bent duct shape (chamber 2 together with the plates 6, 7 and 8 constitute this bent duct shape). This specifically designed geometrical shape provides a proper condition to absorb energy of waves when the motions of the device are relatively large.
2. The chambers 111&112 in D1 are directly connected together in such a way that incoming waves can enter into both of them almost simultaneously through openings 41&42. However, in this patent application, the chambers 1&2 are segregated from each other by the plate 6. This specific design provides the appropriate condition for each of the chambers to act efficiently in the specific frequency ranges.
3. The opening of both chambers 111&112 in D1 is facing towards the incident wave direction while the opening of the chamber 2 in the present invention is facing backward the incident wave direction.
4. The anterior chamber 1 is supported by the plate 5 providing the possible extra resonance mechanism

(harbor resonance) to improve the hydrodynamic efficiency. However, the mentioned resonance mechanism does not exist in D1.

5. The present invention has two buoyancy modules 3&4 which provide floatation and they do not exist in D1.
6. These differences give this device a better performance than a device resulting from simply putting together two OWC devices as indicated by the examiner and it is the set of differences that are the innovation in the device.

Concerning "Re Item V, 2", the authors of the present invention generally agree with this comment and accordingly deleted claim 2. However, they might still keep claim 3 (which is now being numbered with the claim 2) as in its original form. It is due to the reason that the mooring system is a substantial part of the system as the motions of the device should be restricted by mooring lines. Hence, this claim has been kept to address all the main components of the invention.

Concerning "Re Item VII, 1" the authors of the present invention already referred to the various multi-chamber floating OWC concepts in page 4, line 5 to page 5, line 10. The D1 concept can also be categorized into multi-chamber OWCs as it contains dual chambers. However, the D1 concept corresponds to the fixed type of OWC devices while the subject-matter of the present invention only focuses on the floating OWCs.

Claims 1 to 3 have been changed and the new set of claims is enclosed herewith.

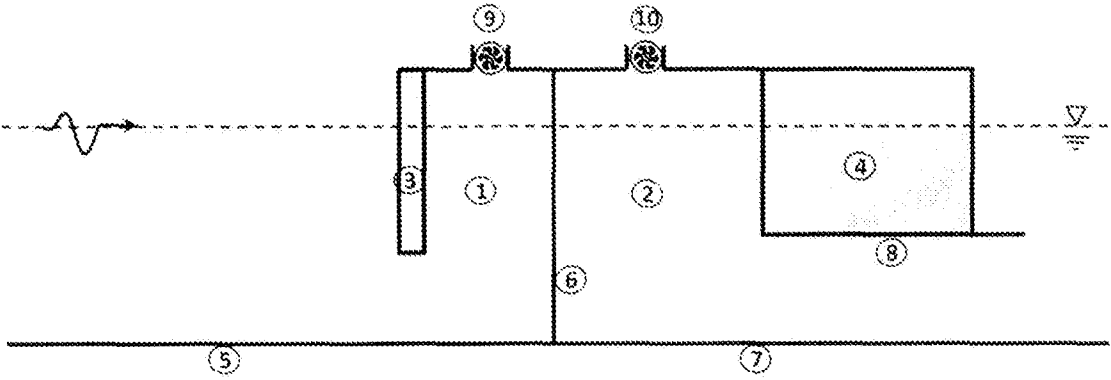


Figura 1

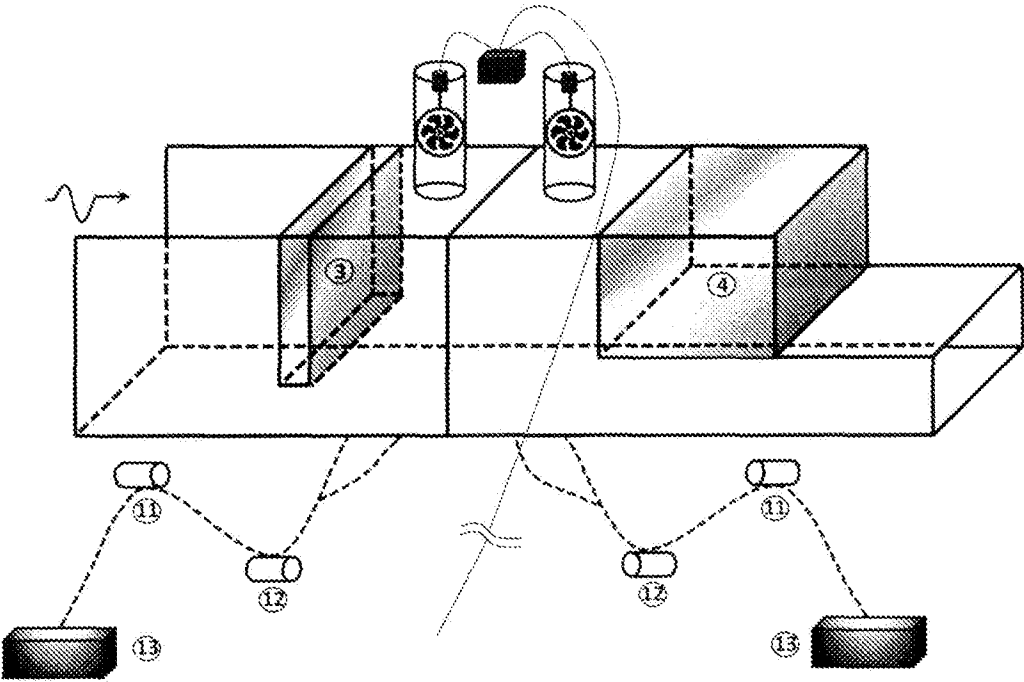


Figura 2

A. CLASSIFICAÇÃO DO OBJETO
INV. F03B13/14
ADD.

De acordo com a Classificação Internacional de Patentes (IPC) ou conforme a classificação nacional e IPC

B. DOMÍNIOS ABRANGIDOS PELA PESQUISA

Documentação mínima pesquisada (sistema de classificação seguido pelo símbolo da classificação)

F03B

Documentação adicional pesquisada, além da mínima, na medida em que tais documentos estão incluídos nos domínios pesquisados

Base de dados eletrônica consultada durante a pesquisa internacional (nome da base de dados e, se necessário, termos usados na pesquisa)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoria*	Documentos citados, com indicação de partes relevantes, se apropriado	Relevante para as reivindicações Nº
Y	JP S61 190172 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 23 de agosto de 1986 (1986-08-23) resumo; figuras -----	1-3
Y	JP H01 142273 A (KAIYO KAGAKU GIJUTSU CENTER) 5 de junho de 1989 (1989-06-05) resumo; figuras -----	1-3
A	US 2010/038912 A1 (MCCARTHY MICHAEL JOHN MARTIN [IE] ET AL) 18 de fevereiro de 2010 (2010-02-18) todo o documento -----	1-3
A	US 4 858 434 A (MASUDA TAKAHIKO [JP]) 22 de agosto de 1989 (1989-08-22) coluna 2, linha 67 - coluna 5, linha 41; figuras -----	1-3

☐ Documentos adicionais estão listados na continuação do Quadro C

☒ Ver o anexo de família da patentes

* Categorias especiais dos documentos citados:

"A"	documento que define o estado geral da técnica, mas não é considerado de particular relevância.	"T"	documento publicado depois da data de depósito internacional, ou de prioridade e que não conflita com o depósito, porém citado para entender o princípio ou teoria na qual se baseia a invenção.
"E"	depósito ou patente anterior, mas publicada após ou na data do depósito internacional.	"X"	documento de particular relevância; a invenção reivindicada não pode ser considerada nova e não pode ser considerada envolver uma atividade inventiva quando o documento é considerado isoladamente.
"L"	documento que pode lançar dúvida na(s) reivindicação(ões) de prioridade ou na qual é citado para determinar a data de outra citação ou por outra razão especial (como especificado).	"Y"	documento de particular relevância; a invenção reivindicada não pode ser considerada envolver atividade inventiva quando o documento é combinado com um outro documento ou mais de um, tal combinação sendo óbvia para um técnico no assunto.
"O"	documento referente a uma divulgação oral, uso, exibição ou por outros meios.	"&"	documento membro da mesma família de patentes.
"P"	documento publicado antes do depósito internacional, porém posterior a data de prioridade reivindicada.		

Data da conclusão da pesquisa internacional

14 de maio de 2018

Data do envio do relatório de pesquisa internacional:

24/05/2018

Nome e endereço da ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Funcionário autorizado

Nº de telefone:

JP S61190172	A	23-08-1986	NENHUMA			

JP H01142273	A	05-06-1989	NENHUMA			

US 2010038912	A1	18-02-2010	AU	2007311419	A1	24-04-2008
			BR	PI0718282	A2	12-11-2013
			CA	2666792	A1	24-04-2008
			CA	2880522	A1	24-04-2008
			CN	101568720	A	28-10-2009
			EP	2079926	A1	22-07-2009
			EP	2410170	A1	25-01-2012
			ES	2531433	T3	16-03-2015
			JP	5264744	B2	14-08-2013
			JP	2010507041	A	04-03-2010
			NZ	577070	A	25-05-2012
			PT	2079926	T	03-08-2017
			PT	2410170	E	02-03-2015
			US	2010038912	A1	18-02-2010
			WO	2008047337	A1	24-04-2008
			ZA	200903448	B	27-10-2010
			ZA	201005758	B	30-05-2012

US 4858434	A	22-08-1989	GB	2140095	A	21-11-1984
			JP	S5970887	A	21-04-1984
			US	4858434	A	22-08-1989
			WO	8401603	A1	26-04-1984

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/PT2018/000002

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F03B13/14
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F03B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP S61 190172 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 23 August 1986 (1986-08-23) abstract; figures -----	1-3
Y	JP H01 142273 A (KAIYO KAGAKU GIJUTSU CENTER) 5 June 1989 (1989-06-05) abstract; figures -----	1-3
A	US 2010/038912 A1 (MCCARTHY MICHAEL JOHN MARTIN [IE] ET AL) 18 February 2010 (2010-02-18) the whole document -----	1-3
A	US 4 858 434 A (MASUDA TAKAHIKO [JP]) 22 August 1989 (1989-08-22) column 2, line 67 - column 5, line 41; figures -----	1-3



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 May 2018

Date of mailing of the international search report

24/05/2018

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Di Renzo, Raffaele

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/PT2018/000002

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP S61190172	A	23-08-1986	NONE
JP H01142273	A	05-06-1989	NONE
US 2010038912	A1	18-02-2010	AU 2007311419 A1 24-04-2008 BR PI0718282 A2 12-11-2013 CA 2666792 A1 24-04-2008 CA 2880522 A1 24-04-2008 CN 101568720 A 28-10-2009 EP 2079926 A1 22-07-2009 EP 2410170 A1 25-01-2012 ES 2531433 T3 16-03-2015 JP 5264744 B2 14-08-2013 JP 2010507041 A 04-03-2010 NZ 577070 A 25-05-2012 PT 2079926 T 03-08-2017 PT 2410170 E 02-03-2015 US 2010038912 A1 18-02-2010 WO 2008047337 A1 24-04-2008 ZA 200903448 B 27-10-2010 ZA 201005758 B 30-05-2012
US 4858434	A	22-08-1989	GB 2140095 A 21-11-1984 JP S5970887 A 21-04-1984 US 4858434 A 22-08-1989 WO 8401603 A1 26-04-1984