



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0818862-9 B1



(22) Data do Depósito: 23/10/2008

(45) Data de Concessão: 28/04/2020

(54) Título: MOTOR À TURBINA COM TURBINAS HIDRÁULICAS COM FLUXO CRUZADO DE FORÇA GLOBAL DE SUSTENTAÇÃO REDUZIDA

(51) Int.Cl.: F03B 17/06.

(30) Prioridade Unionista: 23/10/2007 FR 0758511.

(73) Titular(es): INSTITUT POLYTECHNIQUE DE GRENOBLE.

(72) Inventor(es): JEAN-LUC ACHARD; DIDIER IMBAULT; ALI TOURABI.

(86) Pedido PCT: PCT FR2008051917 de 23/10/2008

(87) Publicação PCT: WO 2009/056742 de 07/05/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 26/04/2010

(57) Resumo: MOTOR À TURBINA COM TURBINAS HIDRÁULICAS COM FLUXO CRUZADO DE FORÇA GLOBAL DE SUSTENTAÇÃO REDUZIDA A presente invenção refere-se a um motor à turbina (55) que compreende pelo menos um primeiro e um segundo empilhamentos de turbinas (53A, 53B) de sustentação e com fluxo cruzado. As árvores de turbinas adjacentes do primeiro empilhamento são ligadas por um primeiro dispositivo de acoplamento adaptado para compensar defeitos de alinhamento espaciais, e as árvores de turbinas adjacentes do primeiro empilhamento são ligadas por um segundo dispositivo de acoplamento adaptado para compensar os defeitos de alinhamento espaciais. O motor à turbina compreende um dispositivo de manutenção (46, 48) do primeiro e do segundo empilhamentos de turbinas simétricas em relação a esse plano e um dispositivo de comando (220A, 220B, 224) adaptado para manter permanentemente a simetria entre o primeiro e o segundo empilhamentos de turbinas em relação a esse plano, e para manter as velocidades de rotação do primeiro e do segundo empilhamentos de turbinas de valores iguais e de sentidos de rotação opostos.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MOTOR À TURBINA COM TURBINAS HIDRÁULICAS COM FLUXO CRUZADO DE FORÇA GLOBAL DE SUSTENTAÇÃO REDUZIDA**".

Domínio da invenção

[001] A presente invenção refere-se a um motor à turbina hidráulica, e, em particular, um motor à turbina hidráulica para a recuperação e a conversão de energia cinética de correntes marinhas ou fluviais, notadamente para o fornecimento de eletricidade.

Exposto da técnica anterior

[002] Dentre as fontes de energia naturais não poluentes, uma fonte de energia atualmente pouco explorada corresponde às correntes de água naturalmente presentes no planeta: correntes de pleno mar, correntes de maré, correntes de estreito e de estuário, correntes de rio ou de afluente. Com efeito, se as instalações hidroelétricas que fornecem energia elétrica a partir da energia potencial contida em uma retenção de água (por exemplo, barragens sobre rios ou afluentes) são amplamente difundidas, os dispositivos fornecendo a energia elétrica diretamente a partir da energia cinética de correntes marinhas ou fluviais estão geralmente ainda atualmente no estágio de projetos.

[003] Mesmo se os locais que poderiam ser utilizados para o fornecimento de energia elétrica a partir de correntes marinhas fluviais correspondem geralmente a correntes a baixas velocidades, de 0,5 m/s a 6 m/s, o tamanho dos locais e o grande número de locais potenciais tornam essa fonte de energia particularmente interessante. Com efeito, do rio até grandes correntes oceânicas, as superfícies exploráveis atravessadas por uma corrente variam tipicamente de 100 m² a 10 km², o que corresponde, para uma velocidade de 2 m/s, a potências teoricamente recuperáveis respectivamente de 400 quilowatts a 400 gigawatts.

[004] Os dispositivos de recuperação e de conversão da energia

cinética de correntes marinhas ou fluviais compreendem geralmente uma turbina que compreende um conjunto de pás adaptados a acionar em rotação uma árvore, quando elas são imersas na corrente. Dentre os diferentes tipos de turbinas, distinguem-se as turbinas com fluxo axial para as quais a direção da corrente é paralela ao eixo de rotação da turbina e as turbinas de fluxo cruzado para as quais a direção da corrente é inclinada, e geralmente perpendicular, ao eixo de rotação da turbina.

[005] O funcionamento de certas turbinas de fluxo cruzado utiliza as forças de sustentação exercidas pela corrente sobre as pás que têm então, por exemplo, um perfil de asa para arrastar a árvore de rotação. As turbinas para as quais o acionamento em rotação é devido essencialmente às forças de sustentação exercidas pelo escoamento sobre as pás da turbina são chamadas turbinas de sustentação. É o caso notadamente de turbinas de fluxo cruzado do tipo Darrieus ou Gorlov ou ainda de turbinas do tipo daquelas descritas no Pedido de Patente europeia EP1718863 depositada em nome da Requerente.

[006] Uma característica geral das turbinas hidráulicas é a presença de uma força de sustentação global perpendicular ao eixo de rotação da turbina e à direção da corrente a montante. Com efeito, a rotação das pás em torno do eixo de rotação da turbina considerada em seu conjunto. Induz um movimento giratório do líquido em torno da turbina que se superpõe ao movimento incidente perpendicular ao eixo de rotação. Resulta daí de forma clássica, como para um cilindro giratório imerso em uma corrente incidente perpendicular ao eixo do cilindro, uma força de sustentação, denominada força de sustentação global, que se exerce no final sobre o eixo de rotação da turbina e que é, portanto, perpendicular à direção da corrente e ao eixo de rotação. A força de sustentação global está sempre presente independentemente da causa da rotação da turbina, isto é, no caso de certas turbinas de

fluxo cruzado, independentemente pelo fato do acionamento em rotação da árvore da turbina é devido a forças de sustentação local no nível de cada pá. Contrariamente ao que se observa com um cilindro em rotação e possuindo uma superfície muito regular, a força de sustentação global observada sobre uma turbina clássica tende a variar em torno de um valor médio. As flutuações observadas em torno desse valor médio se repetem periodicamente sobre cada rotação de 360° da turbina. O dispositivo de manutenção da turbina e eventualmente o sistema de fixação da turbina no solo devem então ser concebidos para resistirem, além da força de arrastamento, à força de sustentação global. Além disso, o motor à turbina em seu conjunto, isto é, incluindo o sistema de conversão da energia mecânica fornecida pela árvore da turbina, deve suportar a fadiga produzida pelas vibrações induzidas pela força de sustentação global variável.

[007] O problema é acentuado, quando várias turbinas são ligadas umas às outras para aumentar as potências recuperadas.

[008] O pedido de patente internacional WO200704581 descreve um motor à turbina eólica compreendendo várias eólicas ligadas a um mastro. As eólicas não são ligadas umas às outras e funcionam de forma independente. Esse motor à turbina não é utilizável para a realização de um motor à turbina hidráulica, considerando-se que os esforços de sustentação em um líquido em movimento são nitidamente mais importantes.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[009] Um aspecto da invenção visa a um motor à turbina de fluxo cruzado para a qual, em funcionamento, a força de sustentação transversa global aplicada ao dispositivo de manutenção do motor à turbina é sensivelmente nula.

[0010] Um modo de realização prevê um motor à turbina que compreende pelo menos uma primeira, uma segunda, uma terceira e uma

quarta turbinas hidráulicas à força de sustentação e de fluxo cruzados, a primeira turbina compreendendo uma primeira árvore de rotação, a segunda turbina compreendendo uma segunda árvore de rotação, a primeira e segunda turbinas sendo simétricas uma da outra em relação a um plano, a terceira turbina compreendendo uma terceira árvore de rotação ligada à primeira árvore de rotação por um primeiro dispositivo de acoplamento adaptado para compensar os defeitos de alinhamento espaciais entre a primeira e terceira árvores de rotação, a terceira turbina formando, com a primeira turbina, um primeiro empilhamento de turbinas, a quarta turbina compreendendo uma quarta árvore de rotação ligada à primeira árvore de rotação por um segundo dispositivo de acoplamento adaptado para compensar os defeitos de alinhamento espaciais entre a segunda e quarta árvores de rotação, as terceira e quarta turbinas sendo simétricas uma da outra em relação a esse plano, a quarta turbina formando, com a segunda turbina, um segundo empilhamento de turbinas. O motor à turbina compreende, além disso, um dispositivo de manutenção do primeiro e do segundo empilhamentos de turbinas compreendendo um montante único simétrico em relação a esse plano ou montantes, cada um desses montantes sendo simétrico em relação a esse plano e/ou esses montantes sendo dispostos de forma simétrica em relação a esse plano, o dispositivo de manutenção compreendendo, além disso, um primeiro e um segundo prato simétrico em relação a esse plano, pelo menos em parte perpendiculares a esse plano, e dispostos entre as primeira e terceira turbinas e entre a segunda e quarta turbinas, a primeira e segunda árvores de rotação sendo ligadas de forma giratória ao primeiro prato e a terceira e quarta árvores de rotação sendo ligadas de forma giratória no segundo prato. A motor à turbina compreende, além disso, um dispositivo de comando adaptado para manter permanentemente a simetria entre o primeiro e o segundo empilhamentos de turbinas em relação a

esse plano e para manter as velocidades de rotação do primeiro e do segundo empilhamentos de turbinas de valores iguais e de sentido de rotação opostos, quando o primeiro e o segundo empilhamentos de turbinas são imersos em um líquido em movimento.

[0011] Segundo um modo de realização da presente invenção, pelo menos um montante simétrico em relação a esse plano se estende a montante do primeiro e segundo empilhamentos de turbinas em relação à direção de escoamento do líquido e forma uma roda. A primeira turbina compreende primeiras pás ligadas à primeira árvore de rotação. A segunda turbina compreender segundas pás ligadas à segunda árvore de rotação. A terceira turbina compreende terceiras pás ligadas à terceira árvore de rotação. A quarta turbina compreende quartas pás ligadas à quarta árvore de rotação. O dispositivo de comando é adaptado para fazer girar a primeira, a segunda, a terceira e a quarta turbinas, de forma que a primeira, a segunda, a terceira e a quarta pás sobem o escoamento desse líquido, quando as mesmas são as mais próximas desse plano.

[0012] De acordo com um modo de realização da presente invenção, pelo menos um montante se estende a jusante do primeiro e do segundo empilhamentos de turbinas em relação à direção de escoamento do líquido e forma uma empenagem.

[0013] De acordo com um modo de realização da presente invenção, o primeiro e o segundo empilhamentos de turbina são adaptados para arrastar uma árvore de entrada de um sistema de recuperação de energia única por intermédio de um dispositivo de transmissão ou o primeiro empilhamento de turbinas é adaptado para acionar uma árvore de entrada de um primeiro sistema de recuperação de energia, o segundo empilhamento de turbinas sendo adaptado para acionar uma árvore de entrada de um segundo sistema de recuperação de energia.

[0014] De acordo com um modo de realização da presente inven-

ção, o motor à turbina compreende pelo menos dois montantes laterais dispostos de forma simétrica em relação a esse plano e formando pelo menos um divergente segundo a direção de escoamento, o primeiro e o segundo empilhamentos de turbinas estando dispostos entre os montantes laterais.

[0015] De acordo com um modo de realização da presente invenção, os primeiro e segundo pratos são adaptados para se separar o líquido em movimento entre as primeira e terceira turbinas e entre a segunda e quarta turbinas. Pelo menos a primeira turbina compreende primeiras pás ligadas à primeira árvore de rotação. O dispositivo de manutenção compreende pelo menos uma parte disposta diante de primeiras extremidades das primeiras pás.

[0016] De acordo com um modo de realização da presente invenção, o motor à turbina compreende um dispositivo antifrangmentos que comporta barras e/ou lâminas paralelas ligadas a pelo menos um montante e envolvendo pelo menos parcialmente os primeiro e segundo empilhamentos de turbinas.

[0017] De acordo com um modo de realização da presente invenção, o motor à turbina compreende um sistema adaptado para fazer girar os primeiro e segundo empilhamentos de turbinas no líquido em movimento.

[0018] De acordo com um modo de realização da presente invenção, pelo menos a primeira turbina compreende primeiras pás ligadas à primeira árvore de rotação. As extremidades das primeiras pás são ligadas por um primeiro anel giratório solidariamente com as primeiras pás.

[0019] De acordo com um modo de realização da presente invenção, a primeira turbina compreende primeiras pás ligadas à primeira árvore de rotação. A segunda turbina compreende segundas pás ligadas à segunda árvore de rotação. A terceira turbina compreende ter-

ceiras pás ligadas à terceira árvore de rotação. A quarta turbina compreende quartas pás ligadas à quarta árvore de rotação, as primeiras pás sendo simétricas das segundas pás em relação a esse plano, as terceiras pás sendo simétricas das quartas pás em relação a esse plano. As primeiras pás são, em vista de topo, defasadas angularmente em relação às terceiras pás.

[0020] De acordo com um modo de realização da presente invenção, pelo menos um montante corresponde a uma cavidade oca, a motor à turbina compreendendo, além disso, um meio de enchimento ou de esvaziamento, pelo menos parcial, da cavidade pelo líquido.

[0021] De acordo com um modo de realização da presente invenção, pelo menos um dos montantes laterais compreende pelo menos uma fenda que se estende segundo a direção de escoamento do líquido.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0022] Esses objetos, características e vantagens, assim como outros serão expostos em detalhes na descrição seguinte de exemplos de realização particulares feita a título não limitativo em relação com as figuras anexadas dentre as quais:

[0023] a figura 1 representa uma vista em perspectiva de um exemplo de realização clássica de um módulo turbina;

[0024] a figura 2 representa uma vista em perspectiva de um exemplo de um par de motor à turbina, de acordo com a invenção;

[0025] a figura 3 representa uma vista em perspectiva de um exemplo de torres gêmeas;

[0026] as figuras 4 a 6 representam vistas em perspectiva de outros exemplos de realização de um par de turbo máquinas, de acordo com a invenção;

[0027] as figuras 7 e 8 representam vistas de topo de outros exemplos de pares de motor à turbina;

[0028] as figuras 9 e 10 representam vistas esquemáticas de detalhe de exemplos de ligação entre dois motor à turbina adjacentes;

[0029] a figura 11 representa uma vista análoga à figura 2 de um exemplo de realização de um par de motor à turbina, compreendendo uma roda e uma empenagem;

[0030] a figura 12 representa uma vista parcial de um exemplo de realização de uma roda;

[0031] as figuras 13 e 14 representam vistas, em perspectiva, de exemplos de realização de torres gêmeas, compreendendo um dispositivo de geração de eletricidade;

[0032] as figuras 15 e 16 representam vistas esquemáticas em perspectiva de exemplos de realização de um par de motor à turbina compreendendo um dispositivo de redução das interações entre módulos turbinas adjacentes de uma mesma coluna turbina;

[0033] a figura 17 representa uma vista de detalhes de uma variante do par de motor à turbina da figura 16;

[0034] a figura 18 representa uma vista análoga à figura 2 de um exemplo de realização de um par de motor à turbina compreendendo uma roda, uma empenagem e montantes laterais;

[0035] as figuras 19 e 20 representam vistas esquemáticas em perspectiva de exemplos de realização de torres gêmeas, cujos pares de motor à turbina compreendem uma roda, uma empenagem e montantes laterais;

[0036] as figuras 21 a 23 representam vistas esquemáticas em perspectiva de exemplos de realização de pares de motor à turbina compreendendo um dispositivo anti-restos e regularizando a corrente a montante e/ou a corrente a jusante no par de motor à turbina;

[0037] a figura 24 representa uma vista em perspectiva de um exemplo de realização de torres gêmeas em relação ao solo;

[0038] a figura 25 representa uma vista em perspectiva de detalhe

de um exemplo de realização de um par de motor à turbina compreendendo um dispositivo de desvio de formação de turbilhões de extremidade de asa;

[0039] a figura 26 representa uma vista em perspectiva de um exemplo da estrutura interna de um montante; e

[0040] a figura 27 representa uma vista esquemática em perspectiva de um exemplo de realização de um par motor à turbina compreendendo uma roda, uma empenagem e montantes laterais munidos de fendas.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0041] Por preocupação com clareza, de mesmos elementos foram designados por mesmas referências nas diferentes figuras.

[0042] No resto da descrição, denomina-se módulo turbina uma turbina elementar de fluxo cruzado, compreendendo uma árvore de rotação, quando esses meios são imersos em um líquido em movimento segundo uma direção aproximadamente perpendicular ao eixo da árvore de rotação.

[0043] A figura 1 representa um exemplo de realização de um módulo turbina 1 de sustentação que corresponde a um dos exemplos de realização descrito no pedido de patente europeia EP 1718863 depositado em nome da Requerente. A título de exemplo, o módulo turbina 1 compreende uma árvore de rotação 2 e um cubo 3 fixado na árvore de rotação 2 e do qual se projetam braços 4. Cada braço 4 porta uma asa 5 (ou pá) em sua extremidade oposta ao cubo 3. Cada asa 5, pressão em forma de “V”, pode compreender escamas marginais 6 nas extremidades.

[0044] Denomina-se coluna turbina um empilhamento de vários módulos turbinas cujas árvores de rotação são ligadas umas às outras e sensivelmente alinhados. Denomina-se torre o conjunto constituído de uma coluna turbina e dos dispositivos de manutenção da coluna

turbina. Denomina-se par de módulos turbinas, o conjunto de dois módulos turbinas adjacentes, cujos eixos de rotação são sensivelmente paralelos e disjuntos. Denomina-se par de motor à turbina o conjunto formado por um par de módulos turbinas e o dispositivo de manutenção associado.

[0045] Denomina-se L1 uma linha paralela ao vetor velocidade média a montante do escoamento do líquido ao qual é exposto o par de motor à turbina e equidistante dos eixos de rotação dos módulos turbinas do par de motor à turbina. Denomina-se plano P1 o plano contendo a linha L1 e paralelo aos eixos de rotação dos módulos turbinas. O plano P1 é, portanto, equidistante dos eixos de rotação dos módulos turbinas do par de motor à turbina. Denomina-se plano P2 o plano contendo os eixos de rotação dos módulos turbinas do par de motor à turbina. Denomina-se par simétrico de módulos turbinas a reunião de dois módulos turbinas respeitando a simetria em relação ao plano P1 denominado então plano mediano do par simétrico. Denomina-se par simétrico de motor à turbina, ou motores à turbina gêmeos, o conjunto formado por um par simétrico de módulos turbinas e do dispositivo de manutenção dos módulos turbinas do par de módulos turbinas, o dispositivo de manutenção sendo o mesmo próprio simétrico em relação ao plano P1. Denominam-se pares de torres, o conjunto constituído do empilhamento de vários pares de motor à turbina, os módulos turbinas dos pares de motor à turbina sendo ligados uns aos outros para formar duas colunas turbinas. Denomina-se par simétrico de torres, ou torres gêmeas, o conjunto constituído do empilhamento de vários pares simétricos de motor à turbina.

[0046] A presente invenção visa um par simétrico de torres constituído de um empilhamento de pares simétricos de motor à turbina. Cada par simétrico de motor à turbina compreende um dispositivo de manutenção de pelo menos um par de módulos turbinas de sustentação e

de fluxo cruzado na qual os módulos turbinas giram em sentido inverso à mesma velocidade de rotação. Isto leva a anular, por efeito de adição do balanço dos esforços no meio e no nível do dispositivo de manutenção das duas forças de sustentação globais iguais e opostas, perpendicular à direção do escoamento, que se aplicam contudo sobre cada um dos dois módulos turbinas compondo esse par quando esses módulos turbinas são imersos em um líquido em movimento.

[0047] Mais precisamente, para cada par simétrico de motor à turbina do par simétrico de torres, o dispositivo de manutenção do par de motor à turbina compreende, por um lado, um ou vários montantes que são dispostos de forma simétrica em relação ao plano P1 e/ou que são os mesmos próprios simétricos em relação ao plano P1 e, por outro lado, um ou vários pratos aproximadamente perpendiculares aos eixos de rotação dos módulos turbinas, dispostos de ambos os lados dos módulos turbinas, segundo a direção dos eixos de rotação dos módulos turbinas e portado as ligações pivôs próprios para assegurar a rotação de cada módulo turbina que compõe o par de módulos turbinas.

[0048] A presente invenção se aplica a qualquer tipo de turbina de fluxo cruzado. Mais particularmente, a presente invenção se aplica a turbinas de fluxo cruzado nas quais cada turbina compreende pás que acionam em rotação uma árvore sob a rotação de forças de sustentação. A título de exemplo, a presente invenção se aplica a turbinas de fluxo cruzado do tipo Darrieus, do tipo Gorlov (por exemplo, as turbinas descritas na publicação “Helical Turbines for the Gulf Stream: Conceptual Approach to Design of a Large- Sacle Floating Power Farm” de Gorlov (Marine Technology, vol. 35, nº 3, julho de 1998, páginas 175-182), etc. ou a turbinas do tipo daquelas descritas no pedido de patente europeia EP1718863 depositada em nome da Requerente.

[0049] A figura 2 representa uma vista esquemática em perspectiva de um exemplo de realização de motores à turbina gêmeos, segun-

do a invenção, para realizar torres gêmeas. O par simétrico de motor à turbina 10 compreende dois módulos turbinas de fluxo cruzado 12A, 12B. Cada módulo de turbina 12A, 12B compreende uma árvore de rotação 14A, 14B de eixo D_A , D_B e meios de acionamento 16A, 16B adaptados para acionar a árvore 14A, 14B em rotação. Os meios de acionamento 16A, 16B estão esquematicamente representados por cilindros na figura 2. Mais precisamente, cada cilindro representa o envoltório que contém os meios de acionamento de um módulo turbina de fluxo cruzado, o eixo de rotação do módulo turbina sendo confundido como eixo de revestimento do cilindro. Os eixos D_A e D_B das árvores 14A, 14B são sensivelmente paralelos. A seta 18 designa o vetor velocidade médio a montante do escoamento do líquido em movimento no qual são imersos os módulos turbinas 12A e 12B. A título de exemplo, cada módulo turbina 12A, 12B pode ter um diâmetro externo de 1 a 10 metros. Os planos P1, P2 e a linha L1 foram representados por linhas em traços pontilhados. No presente exemplo, os módulos turbinas 12A e 12B são repartidos de forma simétrica em relação ao plano P1.

[0050] O par simétrico de motor à turbina 10 compreende um dispositivo de manutenção 20 dos módulos turbinas 12A e 12B. O dispositivo de manutenção 20 se compõe de dois montantes 22, 24 estendendo-se sensivelmente de modo paralelo aos eixos D_A e D_B . O dispositivo de manutenção 20 compreende, além disso, dois pratos 46, 48 sensivelmente paralelos tendo cada um a forma de um losango perfurado em seu centro. Cada prato 46, 48 é sensivelmente perpendicular aos eixos de rotação D_A e D_B , e é fixado em duas extremidades opostas aos montantes 22, 24 e compreende, nas outras extremidades opostas, dois mancais 50A, 50B, nos quais as extremidades das árvores 14A, 14B são montadas de forma giratória, de forma a permitir a rotação de cada módulo turbina 12A, 12B imersa no líquido em movi-

mento. Os módulos turbinas 12A, 12B são assim mantidos no meio do dispositivo de manutenção 20 composto dos elementos 22, 24, 46 e 48. No presente exemplo de realização, o montante 22 é simétrico em relação ao plano P1 e o montante 24 é simétrico em relação ao plano P1. Todavia, para que o par de motor à turbina 10 sejam qualificada de simétrica, não é necessário que o montante 22 seja simétrico do montante 24 em relação ao plano P2. Os montantes 22 e 24 são respectivamente dispostos a montante e a jusante do plano P2 em relação ao sentido do escoamento. Os montantes 22, 24 têm uma seção triangular, cuja ponta é orientada para cima para o montante 22 e para baixo para o montante 24.

[0051] A título de exemplo, em vista de topo, o módulo turbina 12A gira no sentido horário e o módulo turbina 12B gira no sentido anti-horário. Todavia, o módulo turbina 12A poderia girar no sentido anti-horário e módulo turbina 12B poderia girar no sentido horário. Segundo os sentidos de rotação dos módulos turbinas 12A, 12B, os meios de acionamento 16A e 16B dos módulos turbinas 12A e 12B sobem ou descem o escoamento no nível do plano mediano P1.

[0052] Os esforço sofridos por cada módulo turbina 12A, 12B, quando são imersos no líquido em movimento se compõem de um esforço de arrastamento e de um esforço de sustentação global na escala de cada módulo turbina 12A, 12B. Por simetria de plano P1 do dispositivo de manutenção 20 imerso no líquido em movimento, e por simetria de mesmo plano P1 dos módulos turbinas 12A, 12B (que giram em sentidos opostos), chega-se a uma simetria do escoamento do líquido no meio do par simétrico de motor à turbina completa 10 composta do dispositivo de manutenção 20 e do par de módulos turbinas 12A, 12B. A simetria do escoamento do líquido em movimento assim gerado no meio e no interior do par simétrico de motor à turbina 10 leva a duas forças de sustentação global instantâneas aplicadas aos

módulos turbinas 12A, 12B de intensidades iguais e de sentidos opostos segundo uma direção perpendicular à direção do líquido em movimento a montante do dispositivo. Transmitidas no meio dos pratos 46 e 48, as forças de sustentação globalmente aplicadas a cada módulo turbina 12A, 12B se somam e se anulam no nível da junção dos pratos 46 e 48 com os montantes 22 e 24.

[0053] A figura 3 representa uma vista em perspectiva de um exemplo de realização de torres gêmeas 52 que corresponde a um empilhamento de vários motores à turbina gêmeos 10, a ligação entre dois motores à turbina gêmeos sendo assegurada pelos montantes 22, 24. Os módulos turbinas são ligados unas ao outros para formar duas colunas turbinas adjacentes 53A, 53B. Mais precisamente, as árvores de rotação de dois módulos turbinas adjacentes segundo a direção de empilhamento são ligados uns aos outros.

[0054] Para assegurar que as colunas turbinas girem em sentidos opostos, e, de preferência, à mesma velocidade de rotação, uma possibilidade consiste em prever um sistema mecânico, por exemplo, com engrenagens, ligando a árvore de rotação da coluna turbina 53A à árvore de rotação da coluna turbina 53B, de modo que as posições angulares das árvores de rotação das colunas turbinas 53A, 53B são permanentemente ligadas uma à outra. Uma outra possibilidade, quando cada coluna turbina 53A, 53B é ligada a um gerador que lhe é próprio, é de comandar a velocidade de rotação de cada coluna turbina 53A, 53B pela aplicação de um binário de frenagem pelo gerador associado. Os binários de frenagens são então determinados para que as colunas turbinas 53A, 53B girem permanentemente em sentidos opostos e à mesma velocidade de rotação.

[0055] A figura 4 representa uma vista esquemática em perspectiva de um outro exemplo de realização de motores à turbina gêmeos 30, de acordo com a invenção, os pratos 46, 48 não estando represen-

tados. Em relação aos motores à turbina gêmeos 10, os montantes 22, 24 são ligados por um elemento 32, exercendo ao mesmo tempo o papel de elemento de ocultação, impedindo a circulação de fluido entre os dois módulos turbinas 12A, 12B, e de elemento de reforço, melhorando a rigidez de flexão do dispositivo de manutenção 20 no plano P1 para uma solicitação de arrastamento global de direção L1. Mais precisamente, o elemento 32 permite impulsionar o primeiro modo próprio de vibração do dispositivo de manutenção 20. O mesmo permite, além disso, evitar que escoamentos parasitas provocados por um dos módulos turbinas perturbem o funcionamento do outro módulo turbina. O dispositivo de manutenção 20 utilizado para o resíduo dos motores à turbina gêmeos 30 pode ser composto de uma única e mesma peça mecânica, cuja seção será composta da reunião das seções dos elementos 20, 24 e 32.

[0056] A figura 5 é uma vista esquemática em perspectiva de um outro exemplo de realização de um par simétrico de motor à turbina 36, de acordo com a invenção. Em relação ao par simétrico de motor à turbina 30, os montantes 22, 24 são ligados por um elemento de reforço 37 em forma de cruzeta que melhora a rigidez do dispositivo de manutenção 20 e que assegura, todavia, uma ocultação parcial do módulo turbina 12A em relação ao módulo turbina 12A em relação ao módulo turbina 12B.

[0057] A figura 6 representa uma vista esquemática em perspectiva de um outro exemplo de realização de um par simétrico de motor à turbina 38, de acordo com a invenção. Em relação ao par simétrico de motor à turbina 10, os montantes 22, 24 têm uma seção cilíndrica. O dispositivo de manutenção 20 compreende, além disso, um montante suplementar 40, de seção cilíndrica, disposto, por exemplo, segundo a linha de interseção dos planos P1 e P2. Uma vantagem a utilizar os montantes de seção circular em relação a outras formas de seções de

montantes é a simplicidade de fabricação e de aprovisionamento dos montantes de seção circular.

[0058] As figuras 7 e 8 representam vistas de topo de motores à turbina gêmeos 54 no caso em que os módulos turbinas 12A, 12B correspondem ao módulo turbina 1 representado na figura 1, a referência 2 designando a árvore de rotação do módulo turbina 1 na figura 1 corresponde às referências 14A e 14B nas outras figuras nas quais um módulo turbina desse tipo está representado. Nas figuras 7 e 8, os módulos turbina 12A, 12B são dispostos de forma simétrica em relação ao plano P1. Além disso, na figura 7, os módulos turbinas 12A, 12B são dispostos de forma que o módulo turbina 12A (à esquerda do plano P1) gira no sentido anti-horário e o módulo turbina 12B (à direita do plano P1) gira no sentido horário, quando o escoamento tem a direção representada pela seta 18. Na figura 8, os módulos turbinas 12A, 12B são dispostos de forma que o módulo turbina 12A (à esquerda do plano P1) gire no sentido horário e o módulo turbina 12B (à direita do plano P1) gira no sentido anti-horário, quando o escoamento tem a direção representada pela seta 18. Pelas figuras 7 e 8, no decorrer da rotação, os módulos turbinas 12A, 12B continuam a permanecer sensivelmente simétricas uma em relação à outra em relação ao plano P1.

[0059] A utilização de sistemas de acoplamento de trechos de árvore de módulos turbinas adjacentes de uma mesma coluna turbina pode ser em certas condições requeridas. A utilização desses acoplamentos requer torres gêmeas para as quais cada módulo turbina fica situado entre dois pratos 46, 48 que lhe são associados.

[0060] A figura 9 representa um exemplo de realização de um sistema de acoplamento elástico 59, ligando as árvores 14A de dois módulos turbinas 12A adjacentes de uma mesma coluna turbina 53A. O sistema de acoplamento elástico 59 permite transmitir o binário entre dois módulos turbinas adjacentes de uma mesma coluna turbina, ad-

mitindo ligeiros defeitos de alinhamento. Na figura 9, o sistema de acoplamento elástico 59 é disposto entre os pratos 46 e 48.

[0061] Por razões hidrodinâmicas, pode ser vantajoso poder reduzir o desvio entre os cubos 3 de dois módulos turbinas 12A, 12B adjacentes de uma mesma coluna turbina 53A, 53B.

[0062] A figura 10 representa uma vista em perspectiva de detalhe de um exemplo de realização de torres gêmeas para as quais o desvio entre os cubos 3 de dois módulos turbinas adjacentes de uma mesma coluna turbina 53A é reduzido em relação ao que está representado na figura 9. O sistema de acoplamento 59 de árvores de rotação é contido no meio de um cárter formado de duas conchas 66, 67, independentemente fixadas a cada prato 46, 48. Cada concha 66, 67 pode ter uma forma perfilada no sentido do escoamento. De forma a não aumentar o °C de hiperestaticidade da ligação, essa variante permite uma aproximação dos dois pratos 46, 48 sem para tanto chegar à colocação em contato com estes. Cada concha 66, 67 compreende um elemento mecânico, de tipo ligação pivô ou mancal, apto a assegurar a rotação da árvore 14A do módulo turbina 12A correspondente. Pela colocação de juntas dinâmicas e estáticas, é considerável assegurar uma estanqueidade que isola o sistema de acoplamento 59 do contato como fluido em movimento. A título de variante, os sistemas de acoplamento 59 podem compreender juntas homocinéticas.

[0063] A figura 11 representa uma vista análoga à figura 2 para um outro exemplo de realização de motores à turbina gêmeos 70. Em relação ao exemplo de realização representado na figura 2, as motores à turbina gêmeos 70 compreendem um montante 72 que é simétrico em relação ao plano P1 e que é disposto a montante dos módulos turbinas 12A, 12B em relação ao escoamento. O montante 72 compreende um corpo 74 que se prolonga por uma forma relativamente pontuda 76 orientada para cima. O montante 72 exerce então o papel de uma ro-

da. A forma afilada da roda 72 permite naturalmente evitar que restos se acumulem contra esta. Além disso, a forma da roda 72 permite impedir o descolamento do escoamento no nível da roda 72. Além disso, o corpo 74 assegura uma proteção dos módulos turbina 12A, 12B no nível do plano P1. Em particular, quando os módulos turbinas 12A, 12B são dispostos, de modo que as asas 5 sobem a corrente contornando o plano P1 (configuração inversa daquela representada na figura 11), a roda 72 exerce o papel de uma tela que oculta as asas quando dessa fase de subida da corrente.

[0064] Os motores à turbina gêmeos 70 compreendem, além disso, um montante 80 que é simétrico em relação ao plano P1 e que é disposto a jusante dos módulos turbinas 12A, 12B em relação ao escoamento. De forma vantajosa, o montante 80 apresenta um acionamento reduzido. O montante 80 tem uma seção em forma de perfil de asa cuja borda de ataque 82 é orientada para cima e a borda de fuga 84 é orientada para baixo. O montante 80 exerce o papel de uma empenagem. O mesmo permite notadamente facilitar a orientação dos motores à turbina gêmeos 70 na direção do escoamento como será na sequência. O mesmo permite também separar os sulcos dos módulos turbinas 12A, 12B que poderiam interagir de forma negativa.

[0065] A figura 12 representa um exemplo de realização de um dispositivo 138 compreendendo um montante dianteiro 139 ligado à roda 72 por longarinas 140. O montante dianteiro 139 pode exercer o papel de um dispositivo antifragmentos, Conforme será descrito mais em detalhes na sequência, um dispositivo antifragmentos externo pode ser fixado a montante dianteiro 139. O conjunto bola 72 montante dianteiro 139 da figura 12 permite exercer o papel de um dispositivo antifragmentos, evitando a utilização de uma bola 72 de dimensões maiores que podem levar a esforços de acionamento importantes.

[0066] A figura 13 representa um exemplo de realização das torres

gêmeas 218 constituídas do empilhamento de uma motores à turbina gêmeos tendo uma estrutura similar aos motores à turbina gêmeos 86 representadas na figura 11 para as quais e, além disso, representam-se dois geradores elétricos 220A, 220B. O gerador elétrico 220A é acionado pela coluna turbina 53A e o gerador elétrico 220B é acionado pela coluna turbina 53B. Cada gerador elétrico 220A, 220B compreende um sistema de variação de velocidade adaptado para modificar a relação entre a velocidade de rotação da árvore da coluna turbina associada e a velocidade de rotação da árvore de entrada do gerador elétrico associado em função do escoamento que atinge a coluna turbina.

[0067] A figura 14 representa um exemplo de realização de torres gêmeas 222 tendo uma estrutura análoga às torres gêmeas 218 à diferença que compreende um gerador elétrico 224 único acionado pelas duas colunas turbinas 53A, 53B. As extremidades da árvore de rotação das colunas turbinas 53A, 53B são então conectadas a um sistema de transmissão de potência, por exemplo, do tipo com correias entalhadas ou com engrenagens que aciona a árvore de entrada do gerador elétrico 224. O sistema de transmissão pode, além disso, assegurar a manutenção permanentemente das posições angulares relativas da coluna turbina 53A em relação à coluna turbina 53B. O gerador elétrico 224 compreende um sistema de variação de velocidade adaptado para modificar a relação entre as velocidades de rotação das árvores das colunas turbinas 53A, 53B e a velocidade de rotação da árvore de entrada do gerador 224 em função do escoamento que atinge as colunas turbinas 53A, 53B.

[0068] Os geradores elétricos 220A, 220B e 224 podem, além disso, fornecer um binário de frenagem, que se opõe à rotação das colunas turbinas 53A, 53B, de amplitude determinada em função do escoamento do líquido que atinge os módulos turbinas de fluxo cruzado.

[0069] Quando um único gerador 224 é utilizado para a coleta, depois a transformação da energia mecânica fornecida por cada coluna turbina 53A, 53B, um sistema de transmissão de potência do tipo com engrenagens, notadamente com engrenagens cônicas, pode ser utilizado, esse sistema permitindo também aplicar se necessário ao bom funcionamento do gerador 224 um coeficiente de multiplicação entre a velocidade de rotação das colunas turbinas e a velocidade de rotação da árvore mecânica situada na entrada do gerador. Esse sistema de engrenagens simples pode ser vantajosamente substituído por sistemas de transmissão de potência mais complexos como pressão, sistemas de tipo caixa de mudança de velocidades, desse tipo diferencial. Os sistemas de tipo diferencial podem ser particularmente interessantes, quando, da utilização de um único gerador elétrico, as duas colunas turbinas funcionam de maneira ligeiramente dissimétrica, e têm velocidades de rotação não perfeitamente sincronizadas.

[0070] Nos exemplos de realização representados nas figuras 13 e 14, os geradores elétricos 220A, 220B e 224 são dispostos nos topos das colunas turbina 53A, 53B. A título de variante, os geradores elétricos 220A, 220B e 224 podem ser dispostos na base das colunas turbina 53A, 53B.

[0071] Embora exemplos de torres gêmeas tenham sido descritos para a conversão de energia cinética de correntes marinhas ou fluviais em energia elétrica, é claro que a presente invenção pode se aplicar à conversão de energia cinética de correntes marinhas ou fluviais em outros tipos de energia. A título de exemplo, os motores à turbina, de acordo com a invenção, podem ser utilizadas para acionar um sistema de bombeamento ou um sistema de produção de hidrogênio, etc..

[0072] A figura 15 representa uma vista análoga à figura 11 de motores à turbina gêmeos 143, nas quais cada prato 46, 48 é constituído de uma placa plana ligada, no presente exemplo, à roda 72 e à empe-

nagem 80, e compreendendo os mancais 50a, 50b que recebe, as árvores de rotação 14A, 14B dos módulos turbinas 12A, 12B. Esse exemplo de realização permite impedir completamente as interações entre dois módulos turbinas adjacentes de uma mesma coluna turbina.

[0073] A figura 16 representa uma vista análoga à figura 15 de motores à turbina gêmeos 144, na qual cada placa 46, 48 compreende duas partes anulares 145A, 145B, 146A, 146B. Cada parte anular é disposta diante das extremidades das asas 5 dos módulos turbinas 12A, 12B, de modo que, em rotação, cada extremidade de asa, compreendendo eventualmente uma escama de extremidade 6, se desloque permanentemente nas proximidades de uma parte anular 145A, 145B, 146A, 146B. As partes anulares 145A, 145B, 146A, 146B permitem reduzir as interações entre dois módulos turbinas adjacentes de uma mesma coluna turbina, e mais particularmente exercem o papel de escamas de extremidade, pois favorecem a interrupção dos turbilhões de extremidade da asa.

[0074] A figura 17 representa uma vista lateral, em corte parcial, da parte anular 146B. Representou-se também a extremidade de uma asa 5 do módulo turbina 12B, sem escama de extremidade 6. A parte anular 146B pode compreender faces planas 147, diante das extremidades das asas de módulo turbina que se juntam por partes curvas 148. AS partes curvas 148 são adaptadas para reduzir o arrastamento devido à parte anular 146B, segundo a direção do escoamento.

[0075] A figura 18 representa uma vista análoga à figura 11 de motores à turbina gêmeos 88, compreendendo, além da bola 72 e da empenagem 80, dois montantes laterais 90A, 90B fixados nos pratos 46, 46. Os montantes laterais 90A, 90B dispostos de forma simétrica em relação ao plano P1 e favorecem um confinamento do escoamento no nível de cada módulo turbina 12A, 12B com a roda 72 e a empenagem 80. O escoamento se encontra confinado até os módulos turbinas 12A,

12B. Além de cada módulo turbina 12A, 12B, o escoamento se encaixa em uma parte divergente obtida graças ao afastamento gradual dos montantes laterais 90A, 90B em relação ao plano P1 até sua borda de fuga 91A, 91B. A título de exemplo, para cada módulo turbina 12A, 12B, as extremidades das asas 5 estão diante de uma das partes anulares 145A, 145B, 146A e 146B. Nesse exemplo, para cada módulo turbina 12A, 12B, a parte convergente a montante do módulo turbina 12A, 12B oculta, parcialmente diante do fluxo incidente, uma certa zona do módulo turbina 12A, 12B, próxima do montante lateral 90A, 90B. Por essa razão, o sentido de rotação dos módulos turbinas 12A, 12B pode ser invertido em relação ao que está representado na figura 18.

[0076] A figura 19 representa um exemplo de realização de torres gêmeas 55 correspondentes a um empilhamento de motor à turbina 56, similares aos motores à turbina gêmeos 88, nas quais os módulos turbinas correspondem ao módulo turbina 1, representado na figura 1. Para as torres gêmeas 55, as asas 5, de um módulo turbina 12A, 12B, são defasadas angularmente em relação às asas de um módulo turbina adjacente da mesma coluna turbina 53A, 53B, segundo a direção de empilhamento, por exemplo, de um ângulo de 40°. A título de exemplo para cada módulo turbina 12A, 12B, as extremidades das asas 5 estão diante de pratos 46, 48 constituídos de placas plenas, como está representado na figura 15. Os montantes 90A, 90B são tangentes aos módulos turbinas 12A, 12B, sem serem, todavia, simétricos em relação ao plano P2. Os montantes laterais 90A, 90B não ocultam então os módulos turbinas 12A, 12B. A largura liberada pelo perfil interno do montante 90A, 90B diminui então bruscamente, aproximando-se do módulo turbina 12A, 12B, segundo o sentido do escoamento interno, próximo do qual ela mantém um valor constante, depois, a jusante do módulo turbina 12A, 12, a largura aumenta gradualmente para formar uma espécie de divergente. Esses montantes late-

rais podem assim ter a forma de uma asa do tipo NACA, Eppler, Wortmann, etc, com eventualmente um acentuado arqueamento. O fato de os montantes 90A, 90B se afastarem muito um do outro a jusante dos módulos turbinas 12A, 12B permite aumentar a seção eficaz de líquido vista pelos motores à turbina gêmeos 55. Essa configuração, como aquela da figura 18, é antes de tudo adaptada a uma corrente de sentido único.

[0077] A figura 20 representa um exemplo de torres gêmeas 95 formadas do empilhamento de motores à turbina gêmeos 96 para as quais os montantes 22, 24 e o elemento 32 são realizados de forma monobloco, os motores à turbina gêmeos 96, compreendendo, além disso, montantes laterais 90A, 90B como para as motores à turbina gêmeos 88 representadas na figura 18. Além disso, o montante lateral 90A, o montante lateral 90B, o montante 24 são, cada um, simétricos em relação ao plano P2. Dessa forma, cada uma das motores à turbina gêmeos 96 pode trabalhar, de forma idêntica, para sentidos opostos de correntes conservando uma direção sensivelmente constante (é o caso, por exemplo, das correntes de maré). No exemplo da figura 20, os montantes 22, 24 são prolongados por estruturas vazias 97 que exercem o papel de roda e de empenagem. Além disso, os montantes laterais 90A, 90B e o elemento 32 são sensivelmente tangentes aos módulos turbinas 12A, 12B, sendo simétricos em relação ao plano P2. A largura liberada pelo perfil interno do montante 90A, 90B diminui então gradualmente, aproximando-se do módulo turbina 12A, 12B, próximo do qual ela mantém um valor constante, depois, a jusante do módulo turbina 12A, 12B, a largura aumenta, conforme precisado acima, para formar uma espécie de convergente-divergente regular.

[0078] A figura 21 representa uma vista análoga à figura 11 de motores à turbina gêmeos 116, compreendendo, além da roda 72 e da empenagem 80, um dispositivo antifrangmentos a montante 106A, 106B

e um dispositivo antifragementos a jusante 118A, 118B para cada módulo turbina 12A, 12B. Cada dispositivo antifragementos a montante 106A, 106B compreende lâminas paralelas 108, que se estendem a montante de um módulo turbina 12A, 12B, uma extremidade de cada lâmina sendo fixada na roda 72 e a extremidade oposta sendo fixada em um montante 110A, 110B, os montantes 110A, 110B sendo fixados nos pratos 46, 48. As lâminas 108 têm uma forma curva para facilitar a oscilação e o deslizamento dos dejetos, de modo a melhorar a evacuação dos dejetos. Além disso, as lâminas 108 permitem regularizar o escoamento. Grades de proteção podem ser fixadas nos dispositivos antifragementos a montante 106A, 106B, para evitar, por exemplo, que peixes entrem em contato com módulos turbinas 12A, 12B. A título de variante, as lâminas 108 podem ser substituídas por tubos curvados. Cada dispositivo antifragementos a jusante 118A, 118B compreende lâminas paralelas 120, que se estendem a jusante de módulo turbina 12A, 12B, uma extremidade de cada lâmina estando fixada na empenagem 80 e a extremidade oposta estando fixada em um montante 122A, 122B, os montantes 122A, 122B estando fixados nos pratos 46, 48. Os dispositivos antifragementos a jusante 118A, 118B permitem evitar que os dejetos atinjam os módulos turbinas 12A, 12B, a partir da parte inferior, em particular no caso de correntes fracas. Ele permite também uma regularização do escoamento a jusante do par simétrico de motor à turbina 116, o que pode ser vantajoso, em particular quando outro par simétrico de motor à turbina está disposto a jusante. Além disso, conforme será descrito na sequência, pode-se prever um dispositivo que permita fazer girar o conjunto do par simétrico de motor à turbina em torno de um eixo paralelo aos eixos de rotação D_A e D_B . Isto pode ser vantajoso, por exemplo, para limpar os dispositivos antifragementos a montante 106A, 106B diretamente pelo escoamento, fazendo-se girar as motores à turbina gêmeos além de uma centena de

graus. Nesse caso, os dispositivos antifrangmentos inferior 118A, 118B exercem o papel dos dispositivos antifrangmentos superior 106A, 106B durante a fase de limpeza.

[0079] A figura 22 representa uma vista análoga à figura 21 de motores à turbina gêmeos 128, na qual os montantes laterais 110A, 110B, 122A, 122B são substituídos por montantes 130A, 130B que têm sensivelmente a forma dos montantes laterais 90A, 90B da motor à turbina 88 representada na figura 18. Em relação ao dispositivo antifrangmentos superior 106A, 106B representado na figura 21, os dispositivos antifrangmentos superior 106A, 106B representados na figura 22 têm uma forma mais pontuda no nível da roda 72. Isto diminui os riscos de encaixe de dejetos e facilita a evacuação dos dejetos. A título de variante, os montantes laterais 130A, 130B podem não ser ligados diretamente aos pratos 46, 48, mas somente aos dispositivos antifrangmentos 106A, 106B, 118A, 118B.

[0080] A figura 23 representa uma vista análoga à figura 21 de motores à turbina gêmeos 134, na qual a roda 72 e a empenagem 80 são substituídas por montantes 135, 136, tendo a forma dos montantes 22, 24 das motores à turbina gêmeos 10 representadas na figura 2. As lâminas 108 dos dispositivos antifrangmentos superior 106A, 106B são ligadas entre si e são então somente fixadas nos montantes 130A, 130B em suas extremidades. Da mesma forma, as lâminas 120 dos dispositivos antifrangmentos inferior 118A, 118B são ligadas entre si e são então somente fixadas nos montantes 130A, 130B nas suas extremidades. A título de variante, os montantes 135, 136 podem estar ausentes. A manutenção mecânica da motor à turbina é, então, assegurada pelos montantes laterais 130A, 130B. Isto permite utilizar as torres gêmeas independentemente do sentido de rotação dos módulos turbinas 12A, 12B. Para a figura 23, os montantes 130A, 130B não ocultam os módulos turbinas 12A, 12B, como para a figura 22, e são

dispostos de forma que a largura liberada pelos montantes 130A, 130B aumenta gradualmente, a jusante do módulo turbina 12A, 12B, para formar uma espécie de divergente. O fato de os montantes 130A, 130B se afastarem muito um do outro a jusante dos módulos turbinas 12A, 12B permite aumentar a seção eficaz de líquido vista pelas motores à turbina gêmeos 134. Esses montantes laterais podem assim ter, cada um, a forma de uma asa conforme representado na figura 19.

[0081] A figura 24 representa uma vista em perspectiva de um exemplo de realização de torres gêmeas 196, correspondendo ao empilhamento de motores à turbina gêmeos 88, tais como representadas na figura 19, para as quais se representou um dispositivo de posicionamento 198 das torres. A título de exemplo, para cada motores à turbina gêmeos que constituem as torres gêmeas 196, considera-se que os planos P1 e P2 são verticais. O dispositivo de posicionamento 198 compreende uma plataforma superior 202, que tem a forma de um disco no presente exemplo de realização, na qual é fixado o dispositivo de manutenção das motores à turbina gêmeos situadas no topo das torres gêmeas. As torres gêmeas 196 compreendem uma plataforma inferior 204, tendo a forma de um disco no presente exemplo de realização, na qual é fixado o dispositivo de manutenção das motores à turbina gêmeos situadas na base das torres gêmeas. Uma parte de árvore 208 de eixo E se projeta a partir da plataforma 202 para cima e uma parte de árvore 210 de eixo E' se projeta, a partir da plataforma 204 para baixo. A parte de árvore 210 pode ser montada livre em rotação no nível de um receptáculo inferior, não representado, fixo em relação ao solo. A parte de árvore 208 pode também ser montada livre em rotação no nível de um receptáculo superior não representado, ele próprio sendo, por exemplo, ligado ao solo por vigas ou cabos não representados. Os eixos E e E' são confundidos, de forma a permitir a rotação do conjunto das torres gêmeas 196 em relação ao solo. A título

lo de variante, só a plataforma inferior 204 pode estar presente.

[0082] O acionamento em rotação das torres gêmeas 196 pode ser realizado sem assistência motorizada por intermédio das empenagens 80 dos motores à turbina gêmeos que tendem naturalmente a manter linha L1 paralela à direção da corrente superior. Pode-se prever assim deixar girar as torres gêmeas 196 para manter a linha L1 paralela à corrente superior se esta for variável. A autorrotação pode ser também assegurada, colocando-se o eixo de rotação E ou E' a montante das duas resultantes de forças que são exercidas cada uma sobre os montantes laterais e que passam por seus centros de impulso respectivos. No caso em que os motores à turbina gêmeos que formando as torres gêmeas são munidos de dispositivos antifrangmentos superiores 106A, 106B, pode-se também prever fazer girar as torres gêmeas para facilitar a limpeza dos dispositivos antifrangmentos superiores 106A, 106B.

[0083] A figura 25 representa uma vista de detalhes em perspectiva de um exemplo de realização de motores à turbina gêmeos 172 munidas de pratos 46, 48 que têm a mesma forma que os pratos representados uma figura 15 com a diferença que podem ser perfurados. Aberturas 170 são então repartidas, por exemplo, de forma regular, sobre cada prato 46, 48. As extremidades das asas 5 situadas de um mesmo lado de um módulo turbina podem ser ligadas por um anel 94, representado em escuro na figura 25. Os anéis 94 são dispostos diante de determinadas das aberturas 170, o que permite diminuir o atrito hidráulico, quando da passagem dos anéis 94, reduzindo as interações entre dois módulos turbinas adjacentes de uma mesma coluna turbina. Um desvio 173 é previsto entre os anéis 94 dos módulos turbinas 12B e o prato 48 correspondente. Pode ser vantajoso que a seção desse anel 94 seja reduzida, de modo que sua largura exceda pouco a espessura de uma pá. O anel 94 é, então, dito em forma de fio. Sobre

esse anel em forma de fio, é também possível enxertar, no nível das únicas extremidades das pás 5, escamas de extremidade (winglets) que constituem assim alargamentos locais do anel em forma de fio inicial. Os anéis 94 permitem melhorar a resistência do módulo turbina 12B à fadiga devido aos esforços de flexão cíclicos. De forma geral, módulos turbinas 12A, 12B munidos de anéis 94 podem ser utilizados com qualquer tipo de pratos 46, 48, isto é pratos correspondente a placas plenas, eventualmente perfuradas, a pratos que têm a forma de losangos, a pratos que compreendem uma parte anular diante dos anéis 94, etc..

[0084] A figura 26 representa um exemplo de realização da roda 72 no qual a roda 72 forma um reservatório oco capaz de ser cheio pelo menos em parte de líquido. Isto permite facilitar a montagem / desmontagem das torres gêmeas. Os motores à turbina compreende então meios acionáveis à distância adaptados, quando o reservatório é imerso no líquido, para encher pelo menos parcialmente o reservatório com o líquido e/ou esvaziar pelo menos parcialmente o reservatório. O exemplo precedente referente à bola 72 oca pode se aplicar aos outros tipos de montantes (empenagem 80, montantes laterais (90A, 90B, 130A, 130B) descritos anteriormente.

[0085] Quando um escoamento incidente atinge motores à turbina gêmeos, ele se divide em escoamentos internos, ou axiais, que arrastam os módulos turbinas, e em escoamentos externos que contornam as motores à turbina gêmeos.

[0086] A figura 27 representa uma vista em perspectiva esquemática de um outro exemplo de realização de um par simétrico de motor à turbina 99, de acordo com a invenção. Em relação aos motores à turbina gêmeos 88 representadas na figura 18, os montantes laterais 90A, 90B das motores à turbina gêmeos 99 são atravessados, cada um, de fendas 100, de forma a deixar escoamentos cruzados entre os

escoamentos externos a esses montantes 90A, 90B os escoamentos internos incidentes que acionam em rotação cada módulo turbina 12A, 12B. Esses escoamentos cruzados as provenientes dos escoamentos externos e unem os escoamentos internos. Eles se formam através das fendas 100 a partir de cada módulo turbina 12A, 12B e até as bordas traseiras das fendas 100. É preferível que não haja fenda diante das zonas do módulo turbina onde se acham os sistemas de ligação das pás à árvore de rotação do módulo turbina para evitar que os escoamentos cruzados aumentem os esforços de arrastamento sobre esses sistemas de ligação. Pode, portanto, ser vantajoso prever duas fendas 100 que separam uma parte central 101 do montante 90B ocultando a parte do módulo turbina 12B na qual se acham os braços 4 do módulo turbina 12B. Ao invés de duas fendas 100, um número par mais elevado de fendas 100 pode ser considerado.

[0087] Assim, para cada um dos módulos turbinas 12A, 12B, o desvio de pressão descrito acima se acha reduzido, modificando a espessura da fenda 100 e os riscos de cavitação são diminuídos. O escoamento axial a jusante das motores à turbina gêmeos 99 se acha regularizado, o que permite notadamente uma junção menos ruidosa dos escoamentos internos e externos a jusante das bordas de fuga 91A, 91B dos montantes laterais 90A, 90B. Enfim, na zona dos montantes 90A, 90B próximo do escoamento axial onde, na ausência dessa fenda 100, as pás 5 transmitem à árvore 2 do módulo turbina 12A, 12B um binário seja ligeiramente motor, seja resistente, a presença da fenda 100 introduz um escoamento suplementar que afeta a camada limite interna que se desenvolve sobre os montantes laterais e que pode gerar localmente um binário motor e contribuir para melhorar o rendimento global do módulo turbina 12A, 12B.

[0088] Quando o local marinho ou fluvial atravessado por uma corrente é de grandes dimensões, várias torres gêmeas podem ser liga-

das para formar uma flotilha. Uma repartição judiciosa das torres gêmeas da flotilha permite otimizar a energia recuperada no nível de cada par simétrico de torres.

[0089] Modos de resíduo particulares da presente invenção foram descritos. Diversas variantes e modificações aparecerão ao versado na técnica. Em particular, certos aspectos descritos anteriormente em exemplos de realização particulares podem ser combinados a outros exemplos e realização. A título de exemplo, as plataformas 202, 204 representadas na figura 24 podem ser previstas no nível das torres gêmeas representadas nas figuras 19 e 20. Além disso, embora a presente invenção tenha sido descrita para motores à turbina gêmeos, compreendendo duas turbinas de fluxo cruzado, de eixos paralelos disjuntos e girando em sentidos opostos, é claro que a presente invenção se aplica também a um motor à turbina, compreendendo um número par de turbina de eixos paralelos disjuntos mantidos por um dispositivo de manutenção única, a metade das turbinas girando em um sentido e a outra metade das turbinas girando no sentido oposto.

REIVINDICAÇÕES

1. Motor à turbina (52, 55) compreendendo:

- um dispositivo de comando (220A, 220B, 224) adaptado para manter permanentemente a simetria entre o primeiro e o segundo empilhamentos de turbinas em relação a esse plano e para manter as velocidades de rotação do primeiro e do segundo empilhamentos de turbinas de valores iguais e de sentido de rotação opostos, quando o primeiro e o segundo empilhamentos de turbinas são imersos em um líquido em movimento;

caracterizado pelo fato de que compreende

pelo menos uma primeira, uma segunda, uma terceira e uma quarta turbinas hidráulicas (12A, 12B) de sustentação e de fluxo cruzado, a primeira turbina (12A) compreendendo uma primeira árvore de rotação (14A), a segunda turbina compreendendo uma segunda árvore de rotação (14B), a primeira e a segunda turbinas (12B) sendo simétricas uma da outra em relação a um plano (P1), a terceira turbina compreendendo uma terceira árvore de rotação ligada à primeira árvore de rotação por um primeiro dispositivo de acoplamento (59) adaptado para compensar os defeitos de alinhamento espaciais entre a primeira e terceira árvores de rotação, a terceira turbina formando, com a primeira turbina, um primeiro empilhamento de turbinas (53A), a quarta turbina compreendendo uma quarta árvore de rotação ligada à segunda árvore de rotação por um segundo dispositivo de acoplamento (59) adaptado para compensar os defeitos de alinhamento espaciais entre as segunda e quarta árvores de rotação, a terceira e a quarta turbinas sendo simétricas uma da outra em relação a esse plano, a quarta turbina formando, com a segunda turbina, um segundo empilhamento de turbinas (53b); e

um dispositivo de manutenção (20) do primeiro e do segundo empilhamentos de turbinas compreendendo um montante

único simétrico em relação a esse plano (P1) ou montantes (22, 24), cada um desses montantes sendo simétrico em relação a esse plano e/ou esses montantes sendo dispostos de forma simétrica em relação a esse plano, o dispositivo de manutenção compreendendo, além disso, um primeiro e um segundo pratos (46, 48) simétricos em relação a esse plano, pelo menos em parte perpendiculares a esse plano, e dispostos entre a primeira e a terceira turbinas e entre as segunda e quarta turbinas, a primeira e a segunda árvores de rotação sendo ligadas de forma giratória ao primeiro prato, e a terceira e quarta árvores de rotação sendo ligadas de forma giratória no segundo prato.

2. Motor à turbina, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que pelo menos um montante (72) simétrico em relação a esse plano (P1) estende-se a montante do primeiro e do segundo empilhamentos de turbinas (53A, 53B) em relação à direção de escoamento do líquido e forma uma roda, na qual a primeira turbina (12A) compreende primeiras pás (5) ligadas à primeira árvore de rotação (14A), na qual a segunda turbina (12B) compreende segundas pás (5) ligadas à segunda árvore de rotação (14B), na qual a terceira turbina compreende terceiras pás ligadas à terceira árvore de rotação, na qual a quarta turbina compreende quartas pás ligadas à quarta árvore de rotação e na qual o dispositivo de comando (220A, 220B, 224) é adaptado para fazer girar a primeira, a segunda, a terceira e a quarta turbinas, de forma que a primeira, a segunda, a terceira e a quarta pás alcançam o escoamento desse líquido, quando elas são as mais próximas desse plano.

3. Motor à turbina, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que pelo menos um montante (80) estende-se a jusante do primeiro e do segundo empilhamentos de turbinas em relação à direção de escoamento do líquido e forma uma empenagem.

4. Motor à turbina, de acordo com qualquer uma das

reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o primeiro e o segundo empilhamentos de turbinas (53A, 53B) são adaptados para acionar uma árvore de entrada de um sistema de recuperação de energia única(224) por intermédio de um dispositivo de transmissão ou na qual o primeiro empilhamento de turbinas (53A) é adaptado para acionar uma árvore de entrada de um primeiro sistema de recuperação de energia (220A), o segundo empilhamento de turbinas (53B) sendo adaptado para acionar uma árvore de entrada de um segundo sistema de recuperação de energia (220B).

5. Motor à turbina, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que compreende pelo menos dois montantes laterais (90Z, 90B; 130A, 130B) dispostos de forma simétrica em relação a esse plano (P1) e formando pelo menos um divergente, segundo a direção de escoamento, o primeiro e o segundo empilhamentos de turbinas (53A, 53B) sendo dispostos entre os montantes laterais.

6. Motor à turbina, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que o primeiro e o segundo pratos (46, 48) são adaptados para separar o líquido em movimento entre a primeira e a terceira turbinas (12A) e entre a segunda e a quarta turbinas (12B), na qual pelo menos a primeira turbina (12A) compreende primeiras pás (5) ligadas à primeira árvore de rotação (14A) e na qual o dispositivo de manutenção (20) compreende pelo menos uma parte (145A, 145B) disposta diante de primeiras extremidades das primeiras pás (5).

7. Motor à turbina, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que compreende um dispositivo antifragmentos (106A, 106B; 118A, 118B) comportando barras e/ou lâminas paralelas (108; 120) ligadas a pelo menos um montante (72, 80) e envolvendo pelo menos parcialmente o primeiro e

o segundo empilhamentos de turbinas (53A, 53B).

8. Motor à turbina, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que compreende um sistema (198) adaptado para fazer girar ou a deixar girar o primeiro e o segundo empilhamentos de turbinas (53A, 53B) no líquido em movimento.

9. Motor à turbina, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que pelo menos a primeira turbina (12A) compreende primeiras pás (5) ligadas à primeira árvore de rotação (14A) e na qual as extremidades das primeiras pás (5) são ligadas por um primeiro anel (94) girando solidariamente com as primeiras pás.

10. Motor à turbina, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de que a primeira turbina (12A) compreende primeiras pás (5) ligadas à primeira árvore de rotação (14A), na qual a segunda turbina (12B) compreende segundas pás (5) ligadas à segunda árvore de rotação (14B), na qual a terceira turbina compreende terceiras pás ligadas à terceira árvore de rotação, na qual a quarta turbina compreende quartas pás ligadas à quarta árvore de rotação, as primeiras pás sendo simétricas das segundas pás em relação a esse plano (P1), as terceiras pás sendo simétricas das quartas pás são, em vista de topo, defasadas angularmente em relação às terceiras pás.

11. Motor à turbina, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que pelo menos um montante (72) corresponde a uma cavidade oca, o motor à turbina compreendendo, além disso, um meio de enchimento ou de esvaziamento, pelo menos parcial, da cavidade pelo líquido.

12. Motor à turbina, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que pelo menos um dos montantes laterais

(90a, 90B) compreende pelo menos uma fenda (100), que se estende segundo a direção de escoamento do líquido.

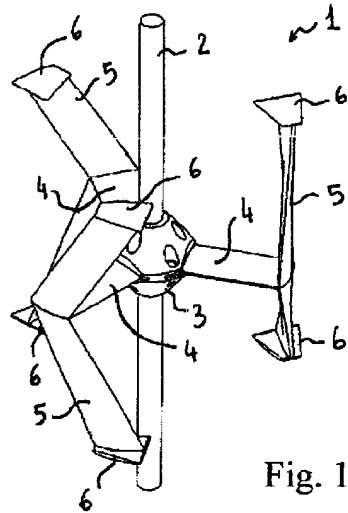


Fig. 1

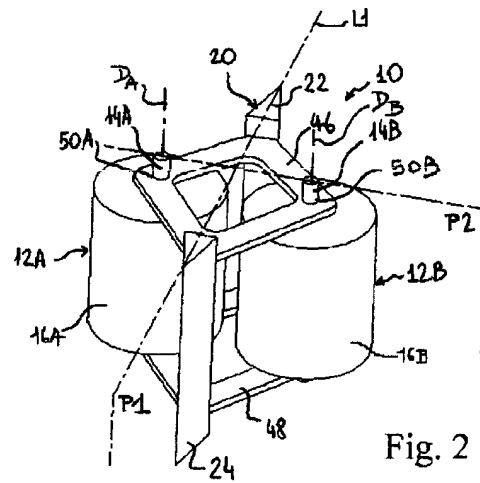


Fig. 2

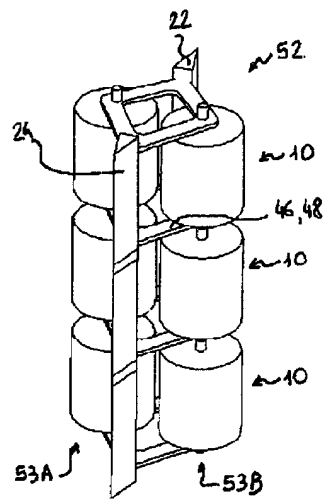


Fig. 3

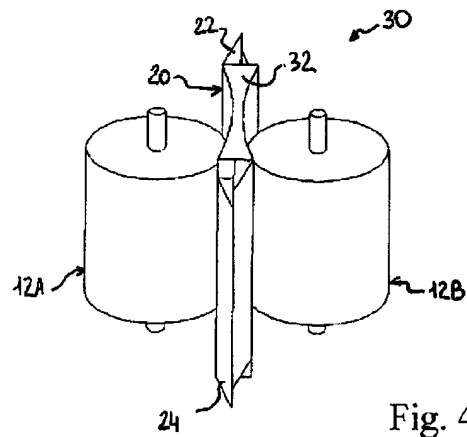


Fig. 4

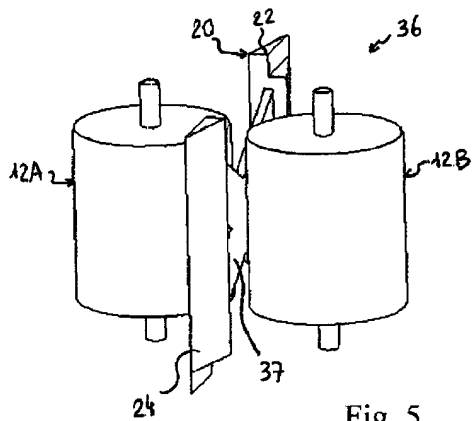


Fig. 5

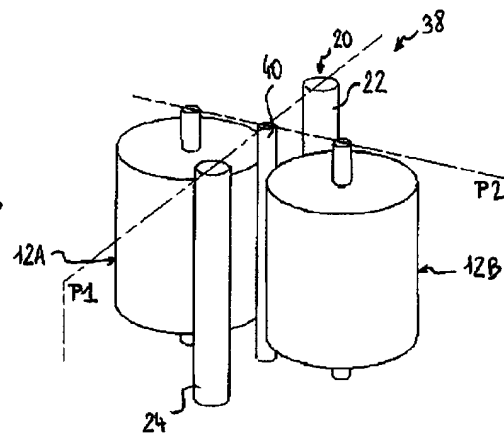


Fig. 6

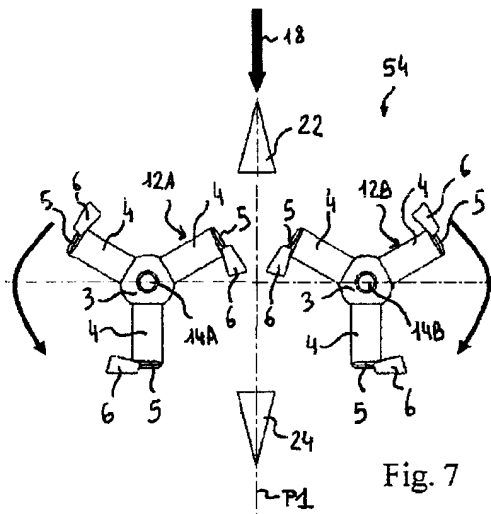


Fig. 7

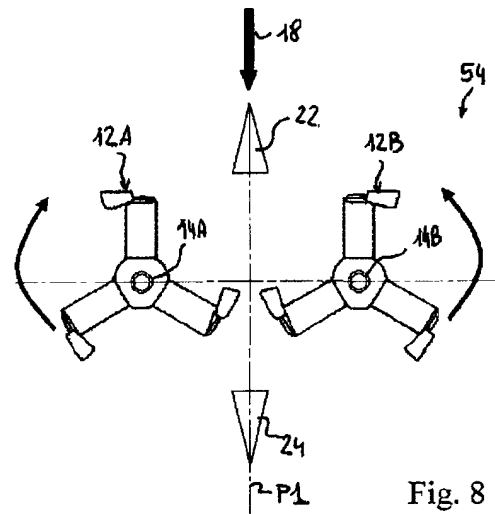


Fig. 8

53A

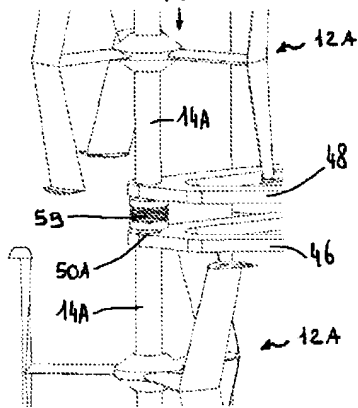


Fig. 9

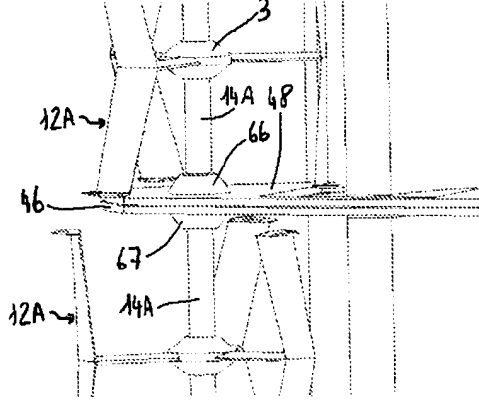


Fig. 10

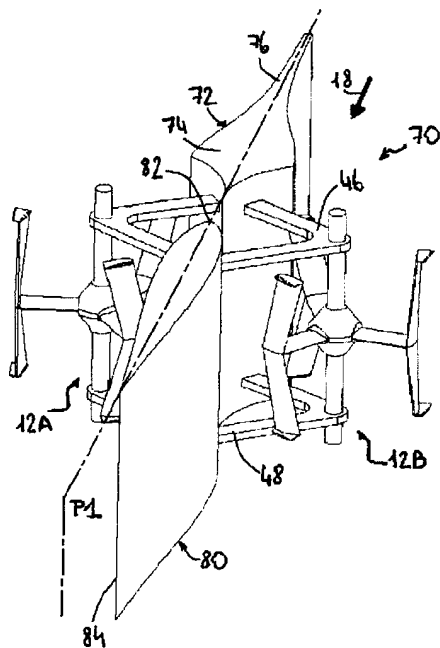


Fig. 11

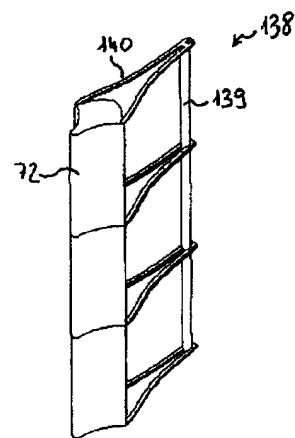


Fig. 12

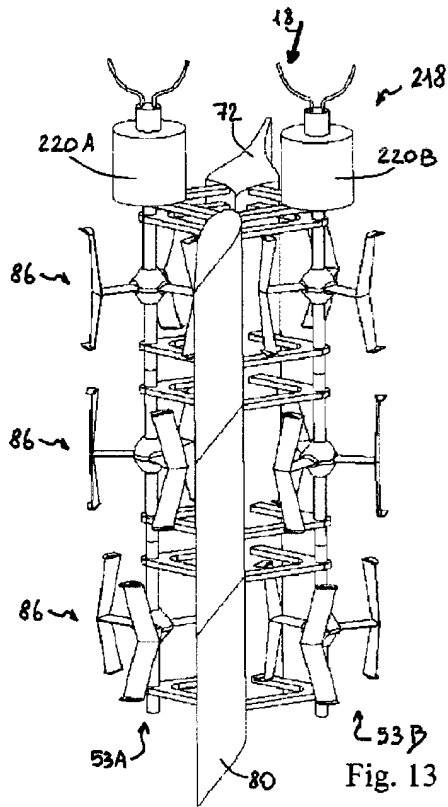


Fig. 13

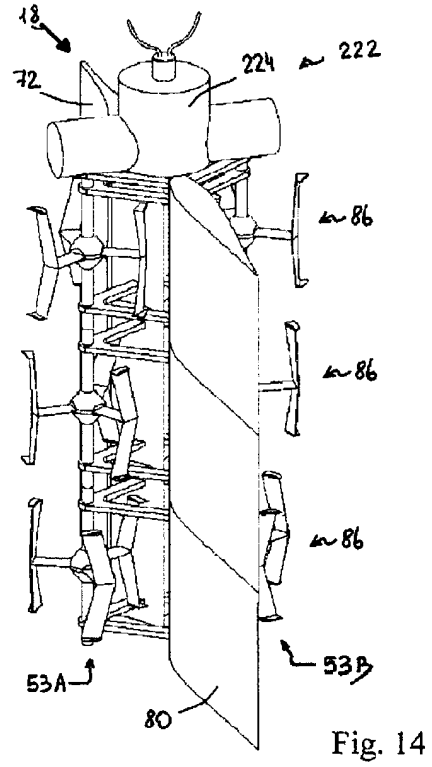


Fig. 14

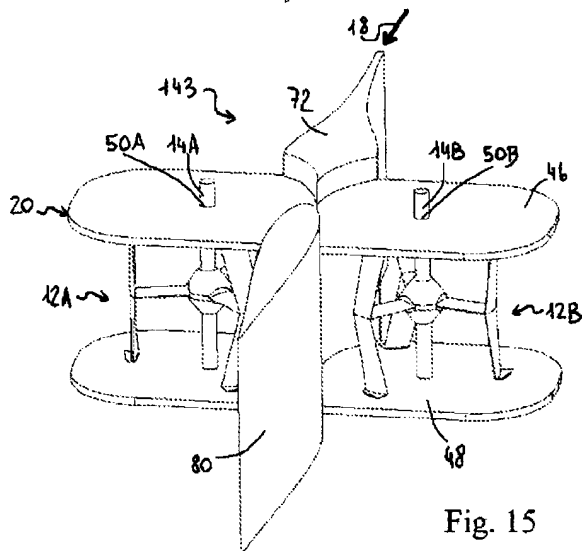


Fig. 15

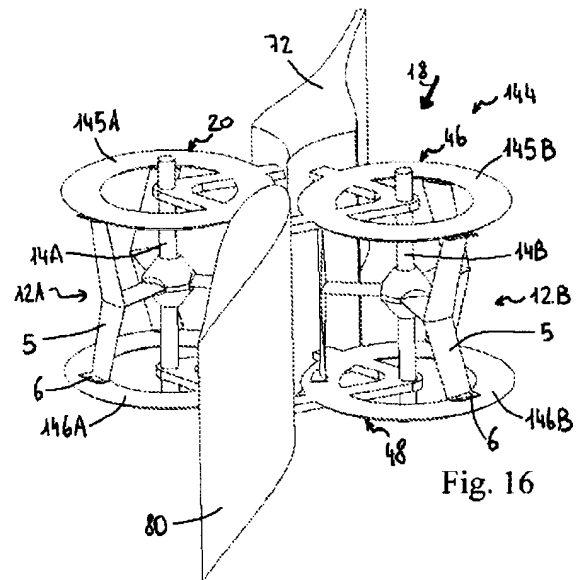


Fig. 16

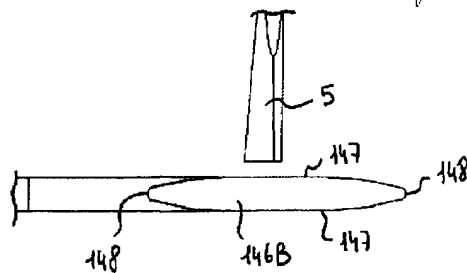


Fig. 17

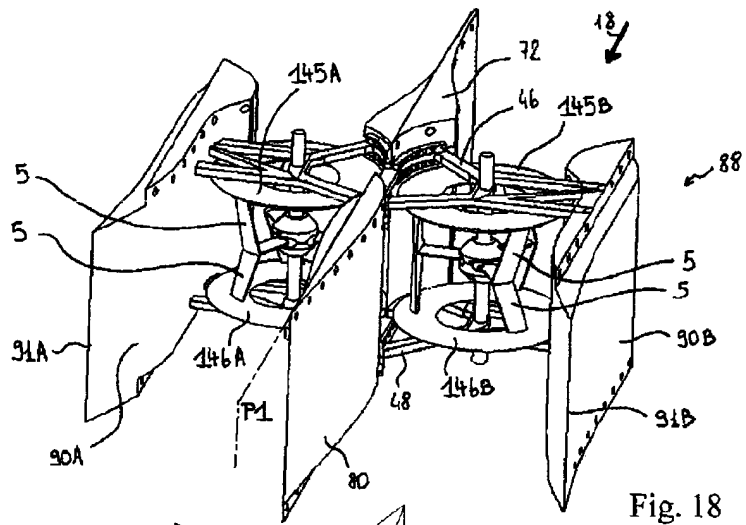


Fig. 18

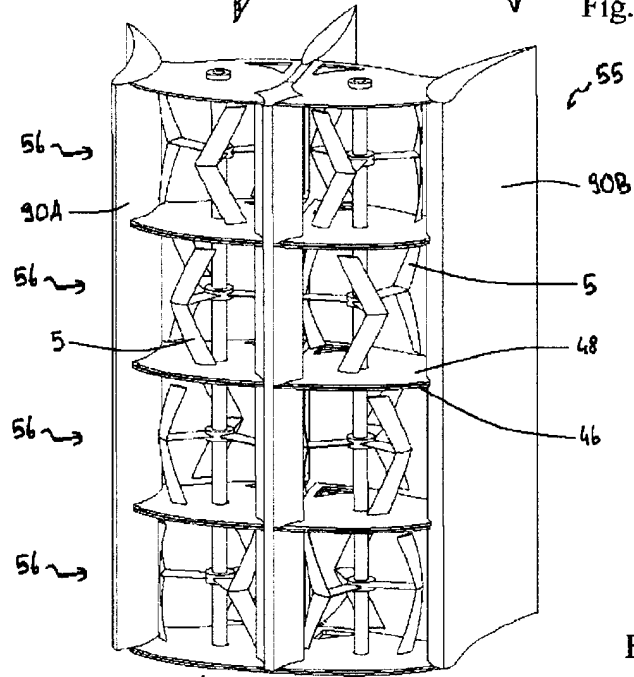


Fig. 19

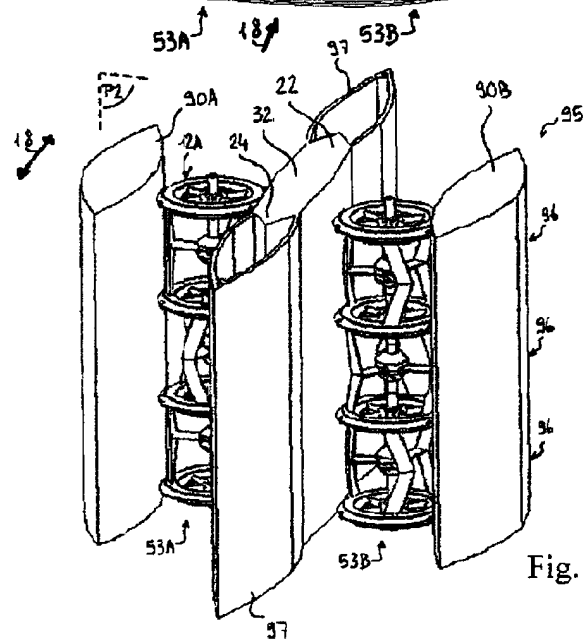


Fig. 20

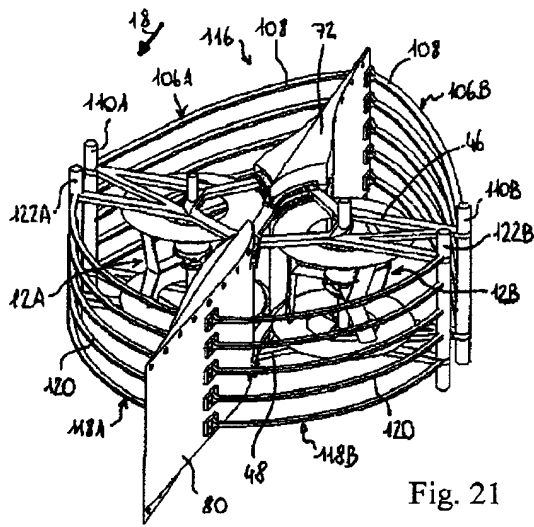


Fig. 21

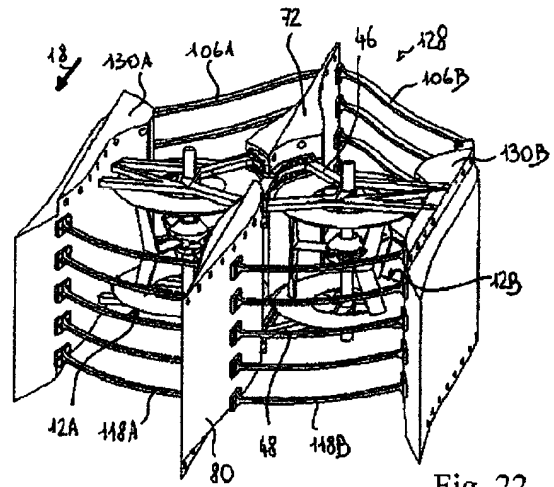


Fig. 22

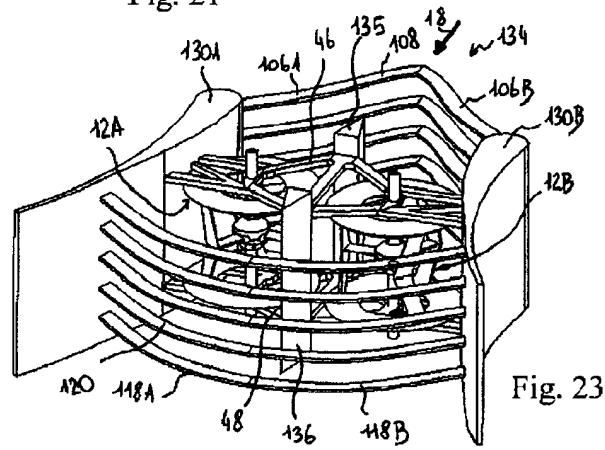


Fig. 23

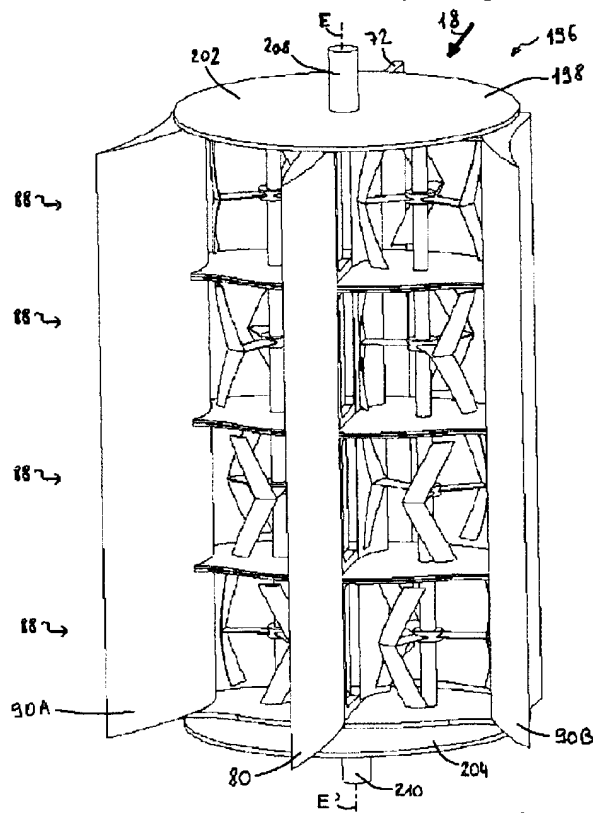


Fig. 24

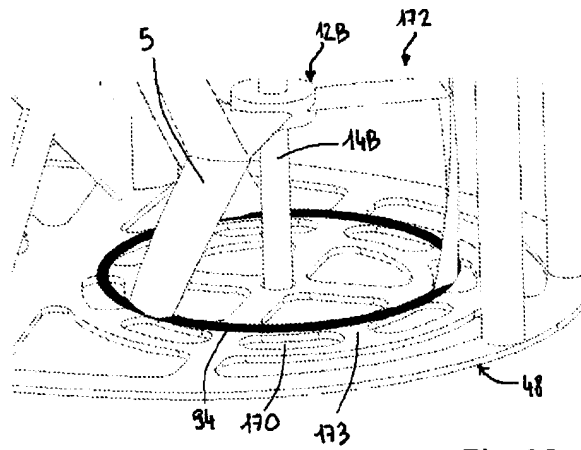


Fig. 25

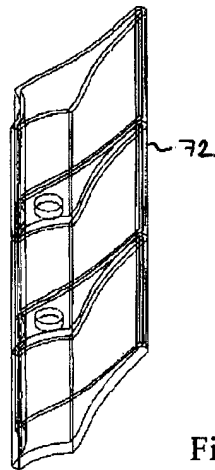


Fig. 26

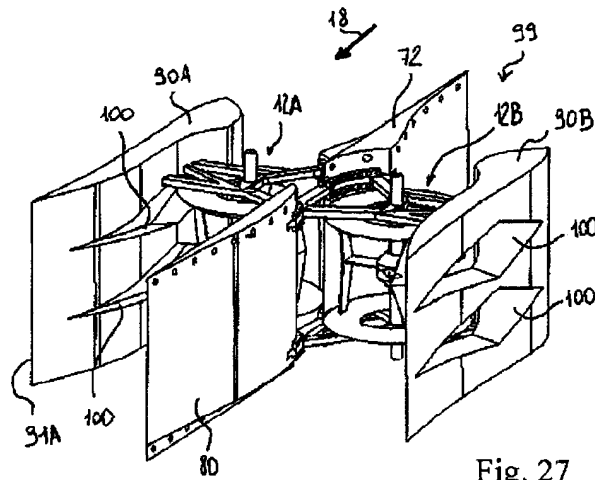


Fig. 27