

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: 2010.10.18	(73) Titular(es): TECHNIP FRANCE 6-8, ALLÉE DE L'ARCHE FAUBOURG DE L'ARCHE, ZAC DANTON 92400 COURBEVOIX FR
(30) Prioridade(s): 2009.10.21 US 253562 P	
(43) Data de publicação do pedido: 2012.10.03	
(45) Data e BPI da concessão: 2014.06.18 164/2014	(72) Inventor(es): PETER GRAHAM HARRIS GB JAMES O'SULLIVAN US
	(74) Mandatário: ANTÓNIO INFANTE DA CÂMARA TRIGUEIROS DE ARAGÃO RUA DO PATROCÍNIO, Nº 94 1399-019 LISBOA PT

(54) Epígrafe: **SISTEMA E MÉTODO DE MÓDULO DE TURBINA EÓLICA FLUTUANTE DE EIXO VERTICAL**

(57) Resumo:

A DIVULGAÇÃO PROPORCIONA UM SISTEMA DE ENERGIA EÓLICA COM UM OU MAIS MÓDULOS FLUTUANTES TENDO, PELO MENOS, DUAS TURBINAS EÓLICAS VERTICAIS MONTADAS NAQUELES. UM SISTEMA DE AMARRAÇÃO MULTIPONTO ACOPLA O MÓDULO FLUTUANTE A UM LEITO MARINHO, O SISTEMA DE AMARRAÇÃO TENDO, PELO MENOS, DOIS PONTOS DE AMARRAÇÃO COM, PELO MENOS, DOIS CABOS POSICIONADOS EM LOCALIZAÇÕES EM TORNO DO MÓDULO FLUTUANTE COM AS TURBINAS EÓLICAS. UM SISTEMA DE ROTAÇÃO ESTÁ ACOPLADO AO MÓDULO FLUTUANTE E ADAPTADO PARA RODAR O MÓDULO FLUTUANTE RELATIVAMENTE À DIRECÇÃO DO VENTO, QUANDO O SISTEMA DE AMARRAÇÃO MULTIPONTO ESTÁ ACOPLADO ENTRE O LEITO MARINHO E O MÓDULO FLUTUANTE. O SISTEMA DE ROTAÇÃO PODE INCLUIR BINÁRIO GIROSCÓPICO INDUZIDO A PARTIR DAS TURBINAS EÓLICAS EM CONTRA-ROTAÇÃO E UM DIFERENCIAL DE BINÁRIO GIROSCÓPICO INDUZIDO, AUTO-AJUSTÁVEL, PROVENIENTE DE DIRECÇÕES DE VENTO VARIÁVEIS. OUTROS SISTEMAS DE ROTAÇÃO PODEM INCLUIR GUINCHOS E CONJUNTOS DE TRANSLAÇÃO QUE PODEM SER ACTIVADOS PARA ESTICAR OU AFROUXAR CABOS DE AMARRAÇÃO NO SISTEMA DE AMARRAÇÃO MULTIPONTO ACOPLADO AO MÓDULO FLUTUANTE COMO NUMA CATENÁRIA.

RESUMO

“SISTEMA E MÉTODO DE MÓDULO DE TURBINA EÓLICA FLUTUANTE DE EIXO VERTICAL”

A divulgação proporciona um sistema de energia eólica com um ou mais módulos flutuantes tendo, pelo menos, duas turbinas eólicas verticais montadas naqueles. Um sistema de amarração multiponto acopla o módulo flutuante a um leito marinho, o sistema de amarração tendo, pelo menos, dois pontos de amarração com, pelo menos, dois cabos posicionados em localizações em torno do módulo flutuante com as turbinas eólicas. Um sistema de rotação está acoplado ao módulo flutuante e adaptado para rodar o módulo flutuante relativamente à direcção do vento, quando o sistema de amarração multiponto está acoplado entre o leito marinho e o módulo flutuante. O sistema de rotação pode incluir binário giroscópico induzido a partir das turbinas eólicas em contra-rotação e um diferencial de binário giroscópico induzido, auto-ajustável, proveniente de direcções de vento variáveis. Outros sistemas de rotação podem incluir guinchos e conjuntos de translação que podem ser activados para esticar ou afrouxar cabos de amarração no sistema de amarração multiponto acoplado ao módulo flutuante como numa catenária.

DESCRIÇÃO

"SISTEMA E MÉTODO DE MÓDULO DE TURBINA EÓLICA FLUTUANTE DE EIXO VERTICAL"

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Campo da Invenção

A divulgação refere-se, de um modo geral, a um sistema e método para turbinas eólicas de alto mar. Mais especificamente, a divulgação refere-se a um sistema e método para um módulo de turbina eólica flutuante.

Descrição da Técnica Relacionada

A utilização de grandes turbinas em alto mar está a tornar-se uma forma cada vez mais praticável e desejável de produção de electricidade. Uma premissa actual na implementação de turbinas eólicas é "quanto maior, melhor" - quanto maior o motor da turbina, mais energia é gerada. Assim, as grandes estruturas estão a ser e têm sido construídas - com custos correspondentes. Turbinas eólicas horizontais convencionais são as estruturas com 50 metros (m) até 100 m de altura e pesam 500 toneladas ou mais e, no futuro, podem ser feitas maiores.

Tipicamente, as turbinas eólicas instaladas em alto mar envolvem a utilização de gruas para içar a torre, turbina, e pás

de turbina para a posição, tal como mostrado no documento DE 10332383 B4. Navios grua e serviços em alto mar podem ser dispendiosos. Ao considerar múltiplas unidades de turbina, os múltiplos recursos de elevação e gruas utilizados, podem adicionar custo considerável à instalação em alto mar, quando comparado com uma instalação terrestre e, consequentemente, afecta a viabilidade comercial global da instalação de turbina eólica em alto mar.

Além disso, turbinas eólicas convencionais de eixo horizontal, precisam de ser instaladas em locais muito afastados, dado que os vórtices turbulentos das pás em rotação interferem com a turbina a jusante seguinte, afectando assim o desempenho e a potência produzida. No ambiente de alto mar, este espaçamento das turbinas significa que é requerido um grande número de estruturas significativamente separadas para construir o parque eólico global, o que envolve um custo considerável. Assim, um grande número de turbinas requer múltiplas estruturas, amarrações, cabos de interligação, e semelhantes - o que representa uma despesa considerável.

As estruturas individualizadas espaçadas apresentam outros desafios não tão directos. Aceder à estrutura da turbina pode ser difícil, e como as estruturas estão separadas, pode levar muito tempo a manter e reparar um parque eólico. Múltiplas chegadas/partidas para cada uma das estruturas separadas aumentam o perigo para o pessoal. Além disso, qualquer a turbina defeituosa ou outro equipamento deixado por reparar representa uma perda directa de receita.

Uma solução proposta de instalações de turbinas eólicas

fixas e separadas é agregar turbinas eólicas sobre estruturas flutuantes. Por exemplo, o documento EP 1366290 B1 divulga uma instalação de geração de energia eólica flutuante em alto mar que tem um sistema (10) de amarração de ponto único fixo a um leito marinho, um flutuador na forma de, pelo menos, um triângulo (23a), o flutuador estando a flutuar numa superfície do mar e amarrado num vértice do triângulo ao sistema (10) de amarração de ponto único e uma unidade (30) de geração de energia eólica sobre o flutuador (10).

Como um outro exemplo, o documento US 2001/0002757 divulga conjuntos de geradores eólicos, cada um incluindo um motor eólico e um gerador accionado pelo motor eólico, são instalados sobre um corpo flutuante que flutua na água. O corpo flutuante é formado como uma estrutura de asna triangular. Cada lado do triângulo do corpo flutuante é formado por uma viga oca tendo uma secção rectangular. Os conjuntos de geradores eólicos são dispostos sobre o corpo flutuante nos respectivos cantos do triângulo. A distância entre os centros dos motores eólicos, adjacentes uns aos outros, é ajustada para um valor menor do que quatro vezes, de um modo preferido, menor do que duas vezes, o diâmetro dos rotores dos motores eólicos. Ajustando a distância entre os centros dos motores eólicos para um valor menor do que quatro vezes o diâmetro do rotor, o custo de construção do corpo flutuante pode ser reduzido sem nenhuma redução concomitante na eficiência da produção de electricidade dos conjuntos de geradores eólicos, pelo que o custo de geração por unidade de energia da instalação pode ser reduzido.

Um dos desafios é orientar os motores eólicos numa direcção óptima relativamente ao vento, mesmo quando o vento muda de

direcção. Alguns sistemas, tais como aqueles referidos acima, permitem rodar a instalação de geração eólica em torno de um único ponto de amarração ou permitem que os rotores individuais nos motores eólicos rodem em torno da sua própria torre para uma orientação óptima. O único ponto de amarração pode ser uma estrutura que é amarrada (frequentemente com cabos múltiplos) como um tipo de eixo em torno do qual roda a parte flutuante com as turbinas eólicas.

Porém, os exemplos acima de publicações anteriores não abordam um sistema de energia eólica que tenha múltiplos pontos de amarração que possa ser preferido para melhor fixar e estabilizar o sistema e ainda permita que o sistema seja orientado para direcções de vento variáveis para otimizar a energia eólica.

O documento DE 3224976 divulga um sistema de energia eólica de acordo com o preâmbulo da reivindicação 1.

Subsiste uma necessidade para um sistema e um método melhorados para um sistema de energia eólica com um sistema de amarração multiponto.

BREVE RESUMO DA INVENÇÃO

A divulgação proporciona um sistema de energia eólica de acordo com qualquer das reivindicações 1 a 9, com um ou mais módulos flutuantes, tendo, pelo menos, duas turbinas eólicas verticais ali montadas. Um sistema de amarração multiponto acopla o módulo flutuante a um leito marinho, o sistema de

amarração tendo, pelo menos, dois pontos de amarração com, pelo menos, dois cabos de amarração posicionados em localizações em torno do módulo flutuante com as turbinas eólicas. Um sistema de rotação está acoplado ao módulo flutuante e adaptado para rodar o módulo flutuante relativamente à direcção do vento, enquanto o sistema de amarração multiponto está acoplado entre o leito marinho e o módulo flutuante. O sistema de rotação pode incluir binário giroscópico induzido a partir das turbinas eólicas em contra-rotação e um diferencial de binário giroscópico auto-ajustável induzido a partir de direcções de vento variáveis. Outros sistemas de rotação podem incluir guinchos e conjuntos de translação que podem ser activados para esticar ou afrouxar cabos de amarração no sistema de amarração multiponto acoplado ao módulo flutuante como numa catenária.

A divulgação proporciona um sistema de energia eólica, compreendendo: um módulo flutuante adaptado para, pelo menos parcialmente, flutuar na água; pelo menos, duas turbinas eólicas verticais montadas no módulo flutuante; um sistema de amarração multiponto acoplado entre um leito marinho e o módulo flutuante tendo, pelo menos, dois pontos de amarração com cabos de amarração, os cabos estando posicionados em localizações em torno do módulo flutuante tendo as turbinas eólicas verticais; e um sistema de rotação acoplado ao módulo flutuante e adaptado para rodar o módulo flutuante relativamente à direcção do vento enquanto o sistema de amarração multiponto está acoplado entre o leito marinho e o módulo flutuante.

A divulgação, além disso, proporciona um método de otimizar energia eólica de acordo com qualquer das reivindicações 10 a 15 a partir de uma plataforma flutuante

tendo, pelo menos, duas turbinas eólicas verticais montadas sobre a plataforma com um sistema de amarração multiponto tendo cabos de amarração para fixar a plataforma flutuante numa localização relativamente a um leito marinho. O método pode compreender: esticar, pelo menos, um cabo de amarração do sistema de amarração multiponto; e rodar uma orientação da plataforma flutuante de um primeiro estado para um segundo estado por aperto, enquanto o sistema de amarração multiponto está acoplado entre o leito marinho e a plataforma flutuante.

BREVE DESCRIÇÃO DAS DIVERSAS VISTAS DOS DESENHOS

A Figura 1 é um diagrama esquemático numa vista em perspectiva superior, ilustrando uma forma de realização exemplificativa de um sistema de energia eólica da presente divulgação.

A Figura 2 é um diagrama esquemático numa vista em perspectiva superior, ilustrando a forma de realização exemplificativa do sistema de energia eólica da Figura 1 a partir de um ângulo inverso.

A Figura 3 é um diagrama esquemático numa vista em perspectiva superior, ilustrando módulos flutuantes múltiplos de uma forma de realização exemplificativa do sistema de energia eólica.

A Figura 4 é um diagrama esquemático numa vista em perspectiva superior, ilustrando outra forma de realização exemplificativa do sistema de energia eólica.

A Figura 5 é um diagrama esquemático em vista superior de um sistema de amarração multiponto como parte do sistema de energia eólica.

Figura 6 é um diagrama esquemático em vista superior de uma outra forma de realização do sistema de amarração multiponto do sistema de energia eólica.

A Figura 7 é um diagrama esquemático em vista lateral do sistema de amarração multiponto exemplificativo do sistema de energia eólica.

A Figura 8 é um diagrama esquemático em vista superior do sistema de energia eólica num primeiro estado de orientação neutro com uma forma de realização de um sistema de rotação tendo binário giroscópico induzido a partir das turbinas eólicas.

A Figura 8A é um diagrama esquemático em vista lateral de um cabo de amarração no primeiro estado de orientação.

A Figura 9 é um diagrama esquemático em vista superior do sistema de energia eólica rodado para um segundo estado de orientação com o sistema de rotação da Figura 8 tendo um diferencial de binário giroscópico induzido a partir das turbinas eólicas.

A Figura 9A é um diagrama esquemático em vista lateral de um cabo de amarração no segundo estado de orientação.

A Figura 10 é um diagrama esquemático em vista superior do sistema de energia eólica num primeiro estado de orientação.

A Figura 11 é um diagrama esquemático em vista superior do sistema de energia eólica num segundo estado de orientação.

A Figura 12 é um diagrama esquemático em vista superior do sistema de energia eólica num primeiro estado de orientação restaurado.

A Figura 13 é um diagrama esquemático em vista superior do sistema de energia eólica num terceiro estado de orientação.

A Figura 14 é um diagrama esquemático em vista superior de outra forma de realização de um sistema de amarração multiponto do sistema de energia eólica.

A Figura 15 é um diagrama esquemático em vista superior de outra forma de realização do sistema de amarração multiponto do sistema de energia eólica.

A Figura 16 é um diagrama esquemático em vista superior de um sistema de amarração multiponto do sistema de energia eólica.

A Figura 17 é um diagrama esquemático em vista superior de outra forma de realização de um sistema de amarração multiponto do sistema de energia eólica.

A Figura 18 é um diagrama esquemático em vista lateral de um sistema de amarração multiponto do sistema de energia eólica com um sistema de rotação tendo um ou mais guinchos.

A Figura 19 é um diagrama esquemático em vista superior do sistema de energia eólica num primeiro estado de orientação com o sistema de rotação tendo, pelo menos, um guincho.

A Figura 20 é um diagrama esquemático em vista superior do sistema de energia eólica rodado para um segundo estado de orientação com o sistema de rotação de Figura 19 tendo, pelo menos, um guincho.

A Figura 21 é um diagrama esquemático em vista superior do sistema de energia eólica num primeiro estado de orientação com outra forma de realização de um sistema de rotação tendo, pelo menos, um guincho.

A Figura 22 é um diagrama esquemático em vista superior do sistema de energia eólica num primeiro estado de orientação com outra forma de realização de um sistema de rotação tendo, pelo menos, um conjunto de translação numa primeira posição.

A Figura 23 é um diagrama esquemático em vista superior do sistema de energia eólica rodado para um segundo estado de orientação com o sistema de rotação da Figura 22 tendo o conjunto de translação numa segunda posição.

A Figura 24 é um diagrama esquemático numa vista em perspectiva superior ilustrando módulos flutuantes múltiplos do sistema de energia eólica num primeiro estado de orientação para uma primeira direcção do vento.

A Figura 25 é um diagrama esquemático numa vista em perspectiva superior ilustrando módulos flutuantes múltiplos do

sistema de energia eólica num segundo estado de orientação para uma segunda direcção do vento.

DESCRIÇÃO PORMENORIZADA

As Figuras acima descritas e a descrição escrita abaixo de estruturas específicas e funções, não são apresentadas para limitar o âmbito daquilo que a Requerente inventou ou o âmbito das reivindicações em anexo. Em vez disso, as Figuras e a descrição escrita são proporcionadas para mostrar a qualquer especialista na técnica como fazer e utilizar as invenções para as quais a protecção de patente é pedida. Os especialistas na técnica apreciarão que nem todas as características de uma forma de realização comercial das invenções são descritas ou mostradas no interesse da clareza e da compreensão. Os especialistas nesta técnica apreciarão igualmente que o desenvolvimento de uma forma de realização comercial real incorporando aspectos das presentes invenções exigirá numerosas decisões específicas da implementação para conseguir o objectivo fundamental do inventor para a forma de realização comercial. Tais decisões específicas da implementação podem incluir, e provavelmente não são limitadas a, conformidade com limitações relacionadas com o sistema, relacionadas com o mercado, relacionadas com o governo e outras, as quais podem variar por implementação específica, localização e periodicamente. Embora os esforços da requerente possam ser complexos e demorados num sentido absoluto, tais esforços seriam, não obstante, um empreendimento de rotina para os especialistas nesta técnica tendo o benefício desta divulgação. Deverá ser compreendido que as invenções aqui divulgadas e ensinadas são suscetíveis de numerosas e diversas

modificações e formas alternativas. A utilização de um termo singular, como, mas não limitado a, "um", não é destinada a limitar o número de artigos. De igual modo, a utilização de termos relacionais, tais como, mas não limitados a, "topo", "fundo", "esquerda", "direita", "superior", "inferior", "baixo", "cima", "lado", e semelhantes é utilizada na descrição escrita para maior clareza com referência específica às Figuras e não se destina a limitar o âmbito da invenção ou das reivindicações em anexo. Onde apropriado, os elementos foram identificados com sufixos alfabéticos ("A", "B", e semelhantes) para designar diversos aspectos semelhantes do sistema ou dispositivo. Ao referir, de um modo geral, tais elementos, pode ser utilizado o número sem a letra. Além disso, tais designações não limitam o número de elementos que podem ser utilizados para essa função.

A divulgação proporciona um sistema de energia eólica com um ou mais módulos flutuantes tendo uma pluralidade de turbinas eólicas verticais ali montadas. Um sistema de amarração multiponto acopla o módulo flutuante a um leito marinho, o sistema de amarração tendo, pelo menos, dois pontos de amarração com, pelo menos, os dois cabos posicionados em localizações em torno do módulo flutuante com as turbinas eólicas. Um sistema de rotação está acoplado ao módulo flutuante e adaptado para torcer o módulo flutuante relativamente à direcção do vento quando o sistema de amarração multiponto é acoplado entre o leito marinho e o módulo flutuante. O sistema de rotação pode incluir binário giroscópico induzido a partir das turbinas eólicas em contra-rotação e um diferencial de binário giroscópico induzido auto-ajustável proveniente de direcções de vento variáveis. Outros sistemas de rotação podem incluir guinchos e conjuntos de translação que podem ser activados para esticar ou afrouxar

cabos de amarração no sistema de amarração multiponto acoplado ao módulo flutuante como numa catenária.

A Figura 1 é um diagrama esquemático numa vista em perspectiva superior ilustrando uma forma de realização exemplificativa de um sistema de energia eólica da presente divulgação. A Figura 2 é um diagrama esquemático numa vista em perspectiva superior ilustrando a forma de realização exemplificativa do sistema de energia eólica da Figura 1 a partir de uma direcção inversa. As figuras serão descritas em conjunto uma com a outra. O sistema 2 de energia eólica inclui, de um modo geral, pelo menos, um módulo 4 flutuante. O módulo flutuante incluirá, de um modo geral, uma série de estruturas flutuantes ligadas por elementos estruturais. As formas de realização particulares aqui mostradas são, de um modo geral, disposições de estrutura aberta, pelo que as ondas e o vento podem passar através da estrutura. Outras formas de realização não mostradas, mas contempladas, podem incluir módulos flutuantes fechados onde uma ou mais partes são fechadas ou substancialmente fechadas ao vento ou às ondas. Em, pelo menos, algumas formas de realização, o módulo 4 flutuante incluirá dispositivos flutuantes. De um modo geral, um dispositivo flutuante é uma estrutura flutuante tendo uma dimensão transversal menor do que uma dimensão longitudinal e é posicionado no mar numa orientação direita para suportar uma estrutura acima do dispositivo flutuante. Os dispositivos flutuantes podem constituir uma parte da capacidade da flutuação do módulo flutuante. Numa ou mais formas de realização da presente invenção, os dispositivos flutuantes, tais como dispositivos 6A, 6B, 6C, e 6D flutuantes (referidos, de um modo geral, como "dispositivo 6 flutuante") podem ser utilizados para

suportar turbinas eólicas e assim serão aqui denominados um dispositivo flutuante de turbina. Um ou mais elementos 8 estruturais podem ser acoplados entre dispositivos flutuantes de turbina adjacentes. Em, pelo menos, algumas disposições, a estrutura pode alinhar múltiplos dispositivos flutuantes de turbina numa fileira 10. Outros dispositivos 14A, 14B, 14C flutuantes de turbina (de um modo geral "dispositivo 14 flutuante") podem ser acoplados em conjunto com elementos estruturais semelhantes para formar uma segunda fileira 12. Um ou mais elementos 16 estruturais transversais podem acoplar as fileiras 10 e 12 em conjunto para formar uma estrutura do tipo asna. Os dispositivos flutuantes de turbina numa fileira, podem ser desviados do alinhamento de uma fileira adjacente de dispositivos flutuantes de turbina, de modo a que as turbinas ali montadas possam receber a máxima quantidade de vento quando a direcção é alinhada perpendicularmente às fileiras. Uma ou mais turbinas 18 eólicas podem ser montadas nos dispositivos 6, 14 flutuantes de turbina. Em geral, a turbina 18 eólica incluirá um gerador 20 que converte a energia da rotação da turbina eólica em energia eléctrica. A turbina 18 eólica inclui um eixo 22 de rotação em redor do qual um veio 24 central é posicionado e roda. Uma pluralidade de elementos 26 de suporte estende-se, a partir do veio 24 central, radialmente para fora e são acoplados a uma pluralidade de pás 28 de turbina. As pás de turbina são concebidas e formadas para converter a força do vento numa energia de rotação em torno do veio 24 central.

A presente divulgação prevê principalmente turbinas eólicas verticais e assim é ilustrada desta forma. As turbinas eólicas verticais, de um modo geral, criam um redemoinho alinhado axialmente com o veio central e têm menos turbulência numa

direcção radial a partir do eixo 22 de rotação. Assim, as turbinas eólicas verticais podem ser posicionadas mais perto umas das outras do que uma turbina eólica horizontal típica. Por exemplo, e sem limitação, sabe-se que habitualmente as turbinas eólicas horizontais exigem, aproximadamente, cinco diâmetros de espaçamento entre turbinas eólicas para maximizar a energia eólica sem interferência da turbulência do vento adjacente. Por outras palavras, o diâmetro das pás rodando em torno do eixo horizontal é multiplicado por cinco e esse resultado é o afastamento típico entre torres adjacentes de turbinas eólicas horizontais. Embora a técnica possa realizar tal afastamento no módulo 4 flutuante, acredita-se que comercialmente um menor afastamento admissível das turbinas 18 eólicas verticais resulta num módulo 4 flutuante mais eficientemente construído. Por exemplo e sem limitação, as turbinas 18 eólicas flutuantes podem ser espaçadas a uma distância S de $1D$ a $5D$, onde D é o diâmetro da rotação das pás de turbina eólica em torno do eixo 22 de rotação. De um modo mais preferido, um afastamento de S pode ser sobre o $2D$ até $3D$. Aqui, tais afastamentos incluem incrementos entre estes, como 2,1, 2,2, 2,3, e semelhantes, e mais incrementos de 2,11, 2,12 e semelhantes. Por exemplo, e sem limitação, uma turbina eólica vertical de 20 m de diâmetro pode ser espaçada adjacente a uma outra turbina eólica numa distância de 40 m até 60 m. Pelo contrário, uma turbina eólica horizontal típica com um diâmetro de rotação de 100 m seria espaçada, de um modo geral, de 500 m até à turbina eólica seguinte. Além disso, o dispositivo flutuante de turbinas pode ter diferentes alturas acima de um nível de água. Por exemplo, os dispositivos 6 flutuantes de turbina, na fileira 10, podem ter uma altura menor do que os dispositivos 14 flutuantes de turbina na fileira 12. A diferença na altura é ilustrada por "H" na Figura 2. O

desalinhamento pode ajudar a proporcionar mais vento às fileiras de turbinas eólicas situadas atrás da fileira principal de turbinas eólicas.

Além disso, o módulo flutuante pode incluir uma ou mais placas 54 de arfagem. O movimento vertical do navio proveniente do movimento de onda é denominado "arfagem". Uma ou mais placas de arfagem podem ser acopladas numa localização abaixo da superfície da água a um ou mais dispositivos flutuantes para modificar um período de ressonância de movimento do módulo flutuante relativamente a um período de movimento da onda para melhor estabilizar o módulo e resistir à arfagem. Em, pelo menos, uma forma de realização, uma placa de arfagem pode ser acoplada abaixo ou entre o um ou mais dispositivos flutuantes. Em outras formas de realização, uma placa de arfagem separada pode ser acoplada a cada um do um ou mais dispositivos flutuantes ou conjuntos do um ou mais dispositivos flutuantes, ou a elementos estruturais. Aqui, os desenhos ilustram diversos exemplos não limitativos.

Um aspecto do sistema de energia eólica é que, turbinas eólicas verticais menores, mais disponíveis comercialmente, podem ser combinadas para criar uma capacidade colectiva maior por módulo flutuante. Por exemplo, uma turbina eólica vertical criando 0,6 megawatt ("MW") pode ser combinada com outras turbinas eólicas sobre o módulo flutuante, de modo que a capacidade do módulo flutuante, tal como ilustrado na Figura 1, de sete turbinas 18 eólicas, poderia ser 4,2 megawatts. Além disso, como aqui ilustrado, módulos flutuantes múltiplos com as suas respectivas turbinas eólicas podem colectivamente criar um sistema de energia eólica maior (por vezes, referido como um

"parque eólico"). É expressamente compreendido que os sinais e a capacidade de turbinas eólicas individuais são apenas ilustrativos e não limitativos e podem variar assim como o número de turbinas eólicas em qualquer módulo flutuante dado. Assim, as figuras acima são apenas exemplificativas como seria conhecido dos especialistas na técnica.

O sistema de energia eólica, além disso, inclui um sistema 39 de amarração multiponto. Pormenores do sistema de amarração multiponto serão descritos abaixo. Porém, de um modo geral, o sistema de amarração multiponto, inclui pontos de amarração múltiplos dispostos em torno do módulo flutuante e inclui cabos e âncoras ligadas a um leito marinho para estabilidade. Uma das características únicas da presente divulgação é a capacidade do sistema de energia eólica para se ajustar a uma mudança de direcção do vento apesar da orientação fixa tradicional de um sistema de amarração multiponto numa estrutura flutuante.

A Figura 3 é um diagrama esquemático numa vista em perspectiva superior ilustrando módulos flutuantes múltiplos de uma forma de realização exemplificativa do sistema de energia eólica. O sistema 2 de energia eólica pode incluir módulos 4A, 4B, 4C flutuantes múltiplos com as suas turbinas 18 eólicas aí acopladas. O módulo 4 flutuante pode ser amarrado por um sistema 39 de amarração multiponto. O sistema 39 de amarração multiponto pode ser acoplado entre um leito 40 marinho e uma ou mais estruturas do módulo 4 flutuante, tais como os dispositivos 6, 14 flutuantes de turbina, ou elementos 8, 16 estruturais. Em geral, o sistema 39 de amarração multiponto inclui um ponto 34 de amarração sobre uma parte do módulo

flutuante, tal como a periferia do módulo flutuante, um cabo 36 acoplado ao ponto 34 de amarração e estendendo-se para baixo para uma âncora 38 acoplada ao leito 40 marinho. A expressão “ponto de amarração” é utilizada de um modo genérico e pode incluir qualquer estrutura ou sistema de fixação que possa acoplar a cabo de amarração à estrutura flutuante. O termo “cabo” é utilizado de um modo genérico e pode incluir qualquer meio prolongado de acoplamento, tais como cabo, linhas, correntes, correias, e semelhantes. O termo “âncora” é utilizado de um modo genérico e pode incluir qualquer meio estacionário de fixar o cabo numa posição fixa e geralmente acoplado ao leito marinho ou a uma estrutura intermédia acoplada ao leito marinho. A âncora pode estar localizada acima do leito marinho ou ser introduzida, pelo menos, parcialmente no leito marinho. O sistema 39 de amarração multiponto incluirá, pelo menos, dois destes conjuntos pontos, cabos e âncoras de amarração. Por exemplo, nas formas de realização mostradas para o módulo 4A flutuante, são mostrados quatro pontos de amarração, isto é, pontos 34A, 34B, 34C e 34D de amarração, que são cada um acoplados a cabos 36A, 36B, 36C e 36D de amarração. Os cabos de amarração, em seguida, são acoplados às âncoras 38A, 38B, 38C, e 38D para amarrar o módulo flutuante em posição ao leito marinho. Como mostrado em outras formas de realização, o número de pontos de amarração pode variar com o mínimo sendo dois pontos de amarração. As formas de realização específicas aqui mostradas incluem dois, três, e quatro pontos de amarração, embora possa ser utilizado um número maior. O sistema de amarração multiponto limita o movimento relativo e a orientação dos módulos flutuantes e pode proporcionar alguma estabilidade aos módulos em comparação com os sistemas de amarração de ponto único como referido nos antecedentes acima.

Além disso, o módulo 4A flutuante inclui uma placa 54 de arfagem exemplificativa abrangendo uma área projetada sob o módulo flutuante acoplado aos dispositivos 6 flutuantes. O módulo 4B flutuante inclui uma placa 54 de arfagem exemplificativa sob os dispositivos flutuantes abrangendo uma área projetada sob o módulo flutuante que é acoplada através de alguns suportes 56 intermédios para estender a placa de arfagem mais profundamente na água circunvizinha. O módulo 4A flutuante inclui uma placa 54 de arfagem exemplificativa dividida em partes 54A, 54B abrangendo uma área projetada sob o módulo flutuante.

Os módulos 4A, 4B, 4C flutuantes podem formar um sistema de energia eólica que tem uma saída cumulativa dos módulos flutuantes múltiplos. Mais ou menos módulos flutuantes podem ser utilizados para o sistema de energia eólica. Além disso, o tamanho, forma e número de turbinas eólicas pode ser variado entre os módulos assim como dentro de um único módulo, como pode ser apropriado para as circunstâncias particulares. Assim, as descrições acima não são limitativas e são meramente exemplificativas.

A Figura 4 é um diagrama esquemático numa vista em perspectiva superior, ilustrando uma outra forma de realização exemplificativa do sistema de energia eólica. O sistema 2 de energia eólica inclui o módulo 4 flutuante e um par de turbinas 18A, 18B eólicas verticais acoplado a um par de dispositivos 6A, 6B flutuantes de turbina. O número de pares de turbinas eólicas pode variar (e presumivelmente o número de dispositivos flutuantes de turbina para as turbinas eólicas,

embora um dispositivo flutuante de turbina suficientemente grande, possa suportar múltiplas turbinas eólicas), dependendo do tamanho do módulo flutuante e das capacidades de suporte do módulo. Além disso, o número de turbinas eólicas pode ser um número ímpar, pelo menos, em algumas formas de realização. Os elementos 8, 16 estruturais formam um padrão de grade de suporte estrutural entre os dispositivos 6A, 6B flutuantes de turbina espaçados. Uma pluralidade de dispositivos 30 flutuantes estabilizadores, estão espaçados em localizações diferentes em torno do módulo 4 flutuante. Os dispositivos flutuantes estabilizadores, proporcionam alguma flutuabilidade ao módulo flutuante e estão, de um modo geral, dispostos em torno de uma periferia exterior do módulo flutuante para maximizar uma força de estabilização a uma distância de um centróide 50 do módulo 4 flutuante. Uma plataforma 32 de trabalho pode igualmente ser dotada do módulo 4 flutuante.

O módulo 4 flutuante inclui uma placa 54 de arfagem, exemplificativa, dividida em partes 54A, 54B abrangendo uma área projetada sob o módulo flutuante. As partes 54A, 54B da placa de arfagem podem ser suportadas por suportes 56 intermédios.

Como referido acima, numa instalação típica de turbinas eólicas separadas, uma embarcação de manutenção aproxima-se de cada turbina eólica separadamente. Com o módulo flutuante e a plataforma do trabalho vantajosa, as equipas de manutenção e outro pessoal podem alcançar mais facilmente as turbinas eólicas instaladas num único módulo flutuante. Além disso, a plataforma do trabalho pode incluir um heliporto, e mesmo alojamentos para pessoal, como pode ser desejado para instalações particulares.

A forma de realização mostrada na Figura 4 ilustra igualmente uma forma de realização de um sistema 43 de rotação formado por uma disposição em contra-rotação entre, pelo menos, um par de turbinas eólicas. Especificamente, a turbina 18A eólica pode rodar num sentido, tal como o sentido anti-horário ("CCW"), enquanto a turbina 18B eólica pode rodar no sentido horário ("CW"). Os especialistas na técnica podem construir e conceber turbinas eólicas para rodar em sentidos opostos, dependendo da montagem da pá, concepção das engrenagens, e semelhantes. Os efeitos e funcionamento do sistema de rotação serão descritos abaixo com referência às Figuras 8 e 9 da disposição em contra-rotação, para a forma de realização do sistema de rotação.

A Figura 5 é um diagrama esquemático em vista superior de um sistema de amarração multiponto como parte do sistema de energia eólica. O sistema 2 de energia eólica exemplificativo inclui um módulo 4 flutuante com um ou mais dispositivos 6 flutuantes de turbina, uma estrutura de asna de elementos 8, 16 estruturais, acoplados com uma pluralidade de dispositivos 30 flutuantes estabilizadores em torno de uma periferia do módulo 4 flutuante. Outros tipos de disposições para o módulo flutuante podem ser conseguidas. Por exemplo, a estrutura fechada e aberta do módulo flutuante pode variar, o número e localização dos dispositivos flutuantes estabilizadores podem variar, incluindo perifericamente, centralmente, ou ambos, o tamanho e o número de dispositivos flutuantes de turbina, e mesmo a localização das turbinas eólicas nos módulos flutuantes, tais como um ou mais elementos estruturais, ou dispositivos flutuantes estabilizadores, como é apropriado para a instalação particular. O número de pontos de amarração e localização dos pontos de

amarração pode igualmente variar com algumas ilustrações exemplificativas adicionais sendo proporcionadas aqui noutras figuras. Em, pelo menos, uma forma de realização, o sistema de amarração multiponto pode ser acoplado aos dispositivos 6 flutuantes de turbina. Por exemplo, um primeiro ponto 34A de amarração pode estar localizado num primeiro dispositivo 6A flutuante de turbina que é acoplado a um cabo 36A, é montado numa âncora (não mostrada) no leito marinho. Um segundo ponto 34B de amarração pode ser acoplado a um segundo dispositivo 6B flutuante de turbina e ser acoplado a um cabo 36B que é igualmente montado numa âncora no leito marinho (não mostrado).

A Figura 6 é um diagrama esquemático em vista superior de uma outra forma de realização do sistema de amarração multiponto do sistema de energia eólica. O sistema 2 de energia eólica inclui um módulo 4 flutuante com um par de turbinas eólicas (não mostradas) que pode ser montado nos dispositivos 6A, 6B flutuantes de turbina. Como descrito na Figura 5, a quantidade, localização e número de turbinas eólicas podem variar dependendo do módulo. Em, pelo menos, uma forma de realização, prevê-se que turbinas eólicas da mesma dimensão serão espaçadas em lados distais do módulo flutuante a igual distância do centróide 50. Outras disposições são possíveis, incluindo mover uma turbina para mais perto do centróide 50 do que a outra, o que pode ajustar o equilíbrio e o desempenho do módulo flutuante. O módulo flutuante pode, além disso, incluir elementos 8 estruturais que acoplam a pluralidade dos dispositivos 30 flutuantes estabilizadores, tal como dispositivos 30A, 30D flutuantes estabilizadores, com outros dispositivos flutuantes entre si ao longo de uma fileira. Os elementos 16 estruturais

transversais podem acoplar uma fileira de dispositivos flutuantes a uma outra fileira de dispositivos flutuantes. Outra fileira de dispositivos flutuantes estabilizadores pode ser disposta distalmente da fileira de primeiros dispositivos flutuantes estabilizadores. Por exemplo, os dispositivos 30B, 30C flutuantes estabilizadores podem ser acoplados numa fileira com outros dispositivos flutuantes estabilizadores, com os dispositivos flutuantes de turbina e turbinas eólicas dispostos entre aqueles, de modo a que o módulo 4 flutuante crie uma plataforma estável. O sistema 39 de amarração multiponto pode incluir, nesta forma de realização, quatro pontos de amarração. Por exemplo, um primeiro ponto 34A de amarração pode ser acoplado a um primeiro dispositivo 30A flutuante estabilizador, um segundo ponto 34B de amarração pode ser acoplado ao segundo dispositivo 30B flutuante estabilizador, um ponto 34C de amarração acoplado a um dispositivo 30C flutuante estabilizador, e um ponto 34D de amarração acoplado a um dispositivo 30D flutuante estabilizador. O cabo 36A de amarração pode ser acoplada ao ponto de amarração directamente ou através dos cabos de ligação intermédias que se dividem entre os pontos de amarração. Por exemplo, o primeiro cabo de ligação 42A pode ser acoplado entre o ponto 34A de amarração e o cabo 36A. Um segundo cabo 42B de ligação pode ser acoplado entre o ponto 34B de amarração e o cabo 36A para formar uma configuração em "Y". De modo semelhante, os terceiros e quartos pontos 34C, 34D de amarração podem ser acoplados ao segundo cabo 36B de amarração com cabos 42C, 42D de ligação.

A Figura 7 é um diagrama esquemático em vista lateral do sistema de amarração multiponto exemplificativo do sistema de energia eólica. O sistema 2 de energia eólica inclui, de um modo

geral, o módulo 4 flutuante acoplado aos dispositivos 6 flutuantes de turbina e aos dispositivos 30 flutuantes estabilizadores. O sistema 2 de energia eólica é concebido para flutuar na água 52, pelo menos, parcialmente abaixo do nível de água para permitir que as turbinas 18A, 18B eólicas rodem suficientemente sem interferência da água. O módulo 4 flutuante inclui placas 54A, 54B de arfagem individuais exemplificativas acopladas sob a água aos dispositivos 6A, 6B flutuantes, respectivamente, do módulo flutuante.

O sistema 39 de amarração multiponto inclui, pelo menos, dois pontos 34A, 34B de amarração que são, por sua vez, acoplados a cabos 36A, 36B de amarração e se estendem para baixo para o leito 40 marinho para serem acopladas a âncoras 38A, 38B. Os cabos 36 que se estendem a partir do ponto de amarração são fixos como numa catenária. Como é evidente para os especialistas na técnica, uma linha catenária estende-se para o exterior a partir da estrutura à qual se fixa, de modo que o cabo forme um comprimento limitado. Esta forma em catenária do cabo está em contraste com um cabo em tensão que, frequentemente, é montada em linha recta sob a estrutura e presa de um modo tenso, de modo que não esteja curvada num estado imperturbado.

A Figura 8 é um diagrama esquemático em vista superior do sistema de energia eólica num primeiro estado neutro de orientação com uma forma de realização de um sistema de rotação tendo um binário giroscópico induzido a partir das turbinas eólicas. A Figura 8A é um diagrama esquemático em vista lateral de um cabo de amarração no primeiro estado de orientação. A Figura 9 é um diagrama esquemático em vista superior do sistema de energia eólica rodado para um segundo estado de orientação

com o sistema de rotação da Figura 8 tendo um diferencial de binário giroscópico induzido a partir das turbinas eólicas. A Figura 9A é um diagrama esquemático em vista lateral de um cabo de amarração no segundo estado de orientação. As figuras serão descritas em conjunto uma com a outra. O sistema 2 de energia eólica, exemplificativo, inclui a plataforma 4 flutuante com os dispositivos 6A, 6B flutuantes de turbina acoplados a um par de turbinas 18A, 18B eólicas. Um sistema 43 de rotação é acoplado com o módulo flutuante e, pelo menos, na forma de realização, inclui uma concepção em contra-rotação das turbinas eólicas e consequentes efeitos sobre o módulo flutuante, como descrito na Figura 4. Por exemplo, a turbina 18A eólica pode rodar num sentido anti-horário, e a turbina 18B eólica pode rodar num sentido horário. Os cabos 36A, 36B de amarração fixam o módulo 4 flutuante numa posição relativamente fixa ao leito 40 marinho sujeito à latitude proporcionada pela suspensão catenária dos cabos de amarração, mostrada na Figura 8A. Um centróide 50 é um centro de massa do sistema 2 de energia eólica.

Em funcionamento, quando a direcção do vento é perpendicular a uma linha entre o eixo de rotação das turbinas 18A, 18B eólicas, então cada turbina 18A, 18B eólica, recebe uma carga máxima de vento disponível. A rotação das respectivas turbinas eólicas numa disposição em contra-rotação induz um binário giroscópico equilibrado. O binário giroscópico é dependente da velocidade da rotação e do momento de inércia de rotação, o qual pode, por si só, estar dependente de factores, tais como a carga sobre as pás, o ângulo, a forma, e o peso da pá, e a distância da pá ao eixo de rotação. Outros factores podem igualmente aplicar-se. Em geral, quando as turbinas são formadas e dimensionadas simetricamente, uma distância igual do

centróide 50 resultará num binário giroscópico equilibrado a partir de uma contra rotação que manterá o sistema de energia eólica num primeiro estado. O primeiro estado pode ser um estado neutro quando equilibrado.

Quando o vento muda de uma direcção W1 para uma direcção tal como W2 que é não-perpendicular à linha entre o centro de rotação da turbina eólica, então o vento na direcção W2 encontra a turbina 18A eólica antes de encontrar a turbina 18B eólica. Se a direcção do vento tiver um ângulo suficiente, de modo que a turbina 18A eólica perturbe e reduza a velocidade do vento para a turbina 18B eólica, então a segunda turbina eólica funcionará provavelmente com uma velocidade mais baixa do que a turbina 18A eólica. A menor diferença em velocidade causada pela diferença na direcção do vento induz uma diferença no binário giroscópico entre a turbina 18A eólica que funciona à velocidade máxima e a turbina 18B eólica que funciona a uma velocidade mais baixa. Este diferencial de binário giroscópico causa um desequilíbrio no sistema em torno do centróide 50.

O desequilíbrio é auto-ajustável, limitado principalmente pela tensão da catenária nos cabos 36A, 36B. Com a suspensão catenária, os cabos permitem alguma latitude para o diferencial de binário giroscópico auto-ajustável. Assim, na direcção W2 do vento, mostrada na Figura 9, a turbina eólica 18A de rotação mais rápida induz um binário mais elevado do que a turbina 18B eólica em contra-rotação. O desequilíbrio do binário giroscópico roda a orientação da plataforma 4 flutuante do primeiro estado de orientação numa condição de binário equilibrado para um segundo estado de orientação, na tentativa de reequilibrar o binário no sistema. Pelo menos um dos cabos 36 de amarração é

esticado à medida que a folga na suspensão catenária é reduzida e a plataforma 4 flutuante é rodada para o segundo estado. Em, pelo menos, uma forma de realização, o cabo 36 de amarração esticado limita uma quantidade de orientação em rotação do segundo estado, como mostrado na Figura 9 e Figura 9A.

Se o vento roda novamente para a direcção W1, a suspensão catenária nos cabos 36A, 36B ajuda a forçar o sistema 2 de volta ao primeiro estado, como mostrado na Figura 8 e Figura 8A. Além disso, se o vento roda para a direcção W1, a turbina 6B eólica pode, em seguida, desenvolver um binário giroscópico mais elevado em comparação com a turbina 18A eólica, porque o vento pode forçar a turbina 18B eólica primeiro na orientação mostrada na Figura 9 e fazer com que a turbina 18A eólica rode mais rapidamente. Este diferencial de binário giroscópico pode ajudar a reequilibrar o sistema de volta ao primeiro estado na direcção W1 do vento.

Embora tenha sido ilustrado um par de turbinas eólicas, deverá compreender-se que outras quantidades de turbinas eólicas poderiam ser utilizadas. Em geral, prevê-se que as turbinas eólicas funcionando num sentido, estariam dispostas num lado do centróide 50 relativamente aos cabos de amarração, e as turbinas funcionando no sentido contrário estariam dispostas no lado oposto do centróide 50. Outras disposições podem ser previstas utilizando o diferencial de binário giroscópico criado por condições de desequilíbrio de turbinas eólicas em contra rotação. Além disso, embora sejam mostrados dois cabos de amarração, deve ser compreendido que outros números de cabos de amarração podem ser utilizados com o mesmo conceito ou semelhantes.

A Figura 10 é um diagrama esquemático em vista superior do sistema de energia eólica num primeiro estado de orientação. A Figura 11 é um diagrama esquemático em vista superior do sistema de energia eólica num segundo estado de orientação. A Figura 12 é um diagrama esquemático em vista superior do sistema de energia eólica num primeiro estado restaurado de orientação. A Figura 13 é um diagrama esquemático em vista superior do sistema de energia eólica num terceiro estado de orientação. As figuras serão descritas em conjunto umas com as outras. Como descrito acima, por exemplo, nas Figuras 8-9A, a suspensão catenária dos cabos 36 de amarração num primeiro estado de orientação do módulo flutuante limita a quantidade de mudança para uma segunda orientação quando os cabos de amarração ficam esticados. Dependendo da sequência de alteração nas direcções do vento, o sistema 2 pode ficar “ajustado” numa orientação particular quando os cabos de amarração estão esticados e não ser capaz de se auto ajustar adequadamente a uma orientação diferente. Em, pelo menos, uma forma de realização, o sistema 2 com seu sistema 43 de rotação inclui a capacidade de “restaurar” a orientação para permitir auto-ajustamentos adicionais em orientação.

Na forma de realização mostrada nas Figuras 10-13, o sistema 2 inclui um módulo 4 flutuante com, pelo menos, dois dispositivos 6A, 6B flutuantes de turbina e, pelo menos, duas turbinas 18 A, 18B eólicas. O módulo flutuante pode ser amarrado com cabos 36A, 36B de amarração a um leito 40 marinho tendo âncoras 38A, 38B. Na forma de realização mostrada, o sistema de rotação pode incluir a concepção em contra-rotação das turbinas 18A, 18B eólicas que são auto ajustáveis para a

orientação do módulo flutuante, como descrito acima. O sistema 43 de rotação pode igualmente incluir um ou mais guinchos 44 acoplados ao módulo flutuante, funcionando em conjunto com os cabos de amarração. O guincho 44 pode rodar e modificar o comprimento dos cabos 36A, 36B de amarração acoplados àquele, e forçar activamente uma modificação na orientação do módulo flutuante. Nesta e noutras formas de realização, os cabos 36A e 36B de amarração podem ser cabos de amarração separados, ou o mesmo cabo de amarração onde os "cabos de amarração" 36A, 36B seriam partes do cabo de amarração. O guincho 44 pode ser activado com uma de mais fontes de energia para rodar, de modo a que os cabos 36A, 36B possam ser esticados ou afrouxados. Esticando e afrouxando selectivamente diferentes cabos de amarração, a orientação do módulo 4 flutuante pode ser alterada e "restaurada", como aqui descrito anteriormente.

Mais especificamente, na Figura 10, o módulo 4 flutuante está num primeiro estado de orientação e amarrado com o cabo 36A de amarração à âncora 38A numa parte do módulo flutuante e amarrado com o cabo 36B de amarração à âncora 38B numa outra parte. Em geral, mas não necessariamente, os cabos 36A, 36B de amarração podem ter o mesmo comprimento quando o módulo flutuante está numa posição neutra de repouso.

Quando o vento sopra na direcção W1 do vento, a turbina 18A eólica pode rodar mais rapidamente do que a turbina 18B eólica e auto ajustar a orientação do módulo flutuante, de modo que a turbina 18B eólica possa rodar mais rapidamente, como descrito acima. Porém, o auto-ajuste é limitado, como mostrado na Figura 11, pelo comprimento dos cabos 36A, 36B de amarração à medida que ficam esticados. Se a direcção do vento se desvia

para direcção W2 do vento, a tendência ao auto-ajuste da turbina 18A eólica de rotação mais rápida já está limitada pelos cabos 36A, 36B, de amarração esticados e a turbina 18B pode não ser capaz de utilizar eficientemente o vento na direcção W2 do vento a partir da orientação mostrada na Figura 11. Assim, o sistema 2 é ajustado numa orientação menos que vantajosa.

O guincho 44 pode ser utilizado para restaurar a orientação, por exemplo, para o primeiro estado de orientação, como mostrado na Figura 12. O guincho 44 pode rodar e, desse modo, puxar um cabo de amarração, enquanto afrouxa o outro cabo de amarração. Quando o guincho roda numa direcção, o guincho diminui o comprimento do cabo 36A de amarração estendendo-se para longe do módulo flutuante na direcção da âncora 38A para puxar o módulo flutuante para mais perto da âncora. Ao mesmo tempo, o guincho 44 pode aumentar o comprimento do cabo 36B de amarração estendendo-se para longe do módulo flutuante na direcção da âncora 38B. Se os cabos 36A, 36B de amarração são um único cabo de amarração, a tracção concorrente sobre um cabo de amarração e a extensão do outro cabo de amarração podem ser realizadas enrolando o cabo de amarração em torno do carretel do guincho 44. Se os cabos 36A, 36B de amarração são cabos de amarração separados, então uma quantidade de comprimento adicional do cabo de amarração para cada cabo 36A, 36B pode enrolado em sentidos inversos, um relativamente ao outro, em torno do carretel do guincho. A rotação do guincho faz com que um comprimento de cabo aumente e o comprimento do outro cabo diminua. Assim, o guincho 44 restaura a orientação do módulo flutuante puxando o módulo flutuante para mais perto de uma das âncoras.

A direcção W2 do vento está agora num ângulo com o módulo flutuante tal que a turbina 18B eólica pode aumentar a sua rotação. Quando a estrutura flutuante começa a rodar, à medida que o módulo flutuante se tenta auto ajustar a uma orientação mais vantajosa, o guincho pode rodar num sentido oposto que agora aumenta o comprimento do cabo 36A de amarração e diminui o comprimento do cabo 36B de amarração. Assim, o sistema 2 é permitido auto ajustar-se à direcção W2 do vento, como mostrado na Figura 13. Os comprimentos relativos dos cabos de amarração podem ser ajustados para obter diversas orientações.

Outras formas de realização são contempladas. Por exemplo, o sistema de rotação pode utilizar múltiplos guinchos acoplados a múltiplos cabos de amarração para modificar o comprimento do respectivo cabo de amarração com cada guincho. Além disso, o sistema de rotação pode incluir um ou mais conjuntos de translação, descritos abaixo com referência à Figura 22, em vez de ou além dos guinchos.

A Figura 14 é um diagrama esquemático em vista superior de uma outra forma de realização de um sistema de amarração multiponto do sistema de energia eólica. O sistema 2 de energia eólica inclui, de um modo geral, um módulo flutuante para ter, pelo menos, dois dispositivos 6 flutuantes de turbina acoplados à pluralidade das turbinas 18 eólicas. O módulo 4 flutuante pode, além disso, incluir uma pluralidade de dispositivos 30 flutuantes estabilizadores. O sistema 39 de amarração multiponto inclui, pelo menos, dois pontos de amarração com cabos de amarração associados. Por exemplo, um primeiro dispositivo 30A flutuante estabilizador pode ser acoplado a um cabo 36A de amarração, um segundo dispositivo 30B flutuante estabilizador

pode ser acoplado a um segundo cabo 36B de amarração, e um dispositivo 6 flutuante de turbina pode ser acoplado a um cabo 36C de amarração. Um sistema de rotação pode ser acoplado ao módulo flutuante para orientar o módulo de uma primeira orientação para uma segunda orientação. Por exemplo, os diversos sistemas de rotação ilustrados noutras figuras, podem ser aplicados às formas de realização mostradas nas Figuras 14-17, e outras formas de realização de um sistema de energia eólica sobre um módulo flutuante.

A Figura 15 é um diagrama esquemático em vista superior de uma outra forma de realização do sistema de amarração multiponto do sistema de energia eólica. O sistema 2 de energia eólica é outra variação do sistema de energia eólica ilustrado na Figura 14 com dispositivos flutuantes estabilizadores e elementos estruturais adicionais. De forma semelhante à Figura 14, o sistema 2 de energia eólica inclui um módulo 4 flutuante tendo, pelo menos, dois dispositivos 6 flutuantes de turbina, montados em, pelo menos, duas turbinas 18 eólicas verticais com uma pluralidade de dispositivos 30 flutuantes estabilizadores e elementos estruturais dispor entre si. A forma de realização pode formar uma ou mais fileiras de diversos elementos que são acoplados em conjunto com outros elementos de estrutura. O sistema 39 de amarração multiponto pode, do mesmo modo, incluir, pelo menos, dois cabos de amarração acoplados ao módulo 4 flutuante. Por exemplo, um primeiro dispositivo 30A flutuante estabilizador pode ser acoplado a um cabo 36A de amarração, um segundo dispositivo 30B flutuante estabilizador pode ser acoplado a um segundo cabo 36B de amarração, e um dispositivo 6 flutuante de turbina pode ser acoplado a um cabo 36C de amarração.

A Figura 16 é um diagrama esquemático em vista superior de um sistema de amarração multiponto do sistema de energia eólica. O sistema 2 de energia eólica inclui um módulo 4 flutuante com uma estrutura de armação tendo, pelo menos, dois dispositivos 6 flutuantes de turbina para suportar, pelo menos, duas turbinas 18 acopladas àqueles e uma pluralidade de dispositivos 30 flutuantes estabilizadores. Esta forma de realização mostra cabos de amarração adicionais sobre as formas de realização mostradas, por exemplo, na Figura 5 e na Figura 14. Por exemplo, um primeiro cabo 36A de amarração pode ser acoplado a um primeiro dispositivo 30A flutuante estabilizador, e um segundo cabo 36B de amarração pode ser acoplado a um segundo dispositivo 30B flutuante estabilizador. Um terceiro cabo 36C de amarração pode ser acoplado a um terceiro dispositivo 30C flutuante estabilizador. Um quarto cabo 36D de amarração pode ser acoplado a um quarto dispositivo 30D flutuante estabilizador. A pluralidade de acoplamentos cria o sistema 39 de amarração multiponto. Além disso, embora os pontos de amarração sejam mostrados acoplados aos dispositivos 30 flutuantes estabilizadores, deve entender-se que os cabos de amarração podem ser acoplados aos elementos estruturais, aos dispositivos flutuantes de turbina, ou a uma combinação deste em vez de, ou adicionalmente a, tal acoplamento.

A Figura 17 é um diagrama esquemático em vista superior de uma outra forma de realização de um sistema de amarração multiponto do sistema de energia eólica. O sistema 2 de energia eólica inclui o módulo 4 flutuante com, pelo menos, dois dispositivos 6 flutuantes de turbina e, pelo menos, duas

turbinas 18 eólicas acopladas a estes. O módulo 4 flutuante, além disso, inclui um sistema 39 de amarração multiponto tendo, pelo menos, dois cabos 36 de amarração montados no módulo 4 flutuante. Por exemplo, os cabos 36 de amarração podem ser montados nos cantos do módulo 4 flutuante em localizações onde os dispositivos 30 flutuantes estabilizadores estão localizados.

A Figura 18 é um diagrama esquemático em vista lateral de um sistema de amarração multiponto do sistema de energia eólica com um sistema de rotação tendo um ou mais guinchos. O sistema 2 de energia eólica inclui o módulo 4 flutuante com, pelo menos, dois dispositivos 6 flutuantes de turbina, tais como dispositivos 6A, 6B flutuantes de turbina com, pelo menos, duas turbinas 18 eólicas, tais como turbinas 18A, 18B eólicas montadas naqueles e uma pluralidade de dispositivos flutuantes estabilizadores, tal como dispositivos 30B, 30C flutuantes. O sistema 39 de amarração multiponto inclui um ou mais pontos 34 de amarração, tal como pontos 34A, 34B de amarração acoplados a um ou mais cabos 36 de amarração, tais como cabos 36A, 36B de amarração, que estão montadas em uma ou mais âncoras 38, tal como âncoras 38A, 38B.

Uma forma de realização alternativa de um sistema 43 de rotação é igualmente mostrada na Figura 18. O sistema 43 da rotação pode ser acoplado funcionalmente com o módulo 4 flutuante para efectuar a orientação do módulo. O sistema 43 da rotação pode incluir um ou mais guinchos 44, tal como guinchos 44A, 44B (em geral referido aqui como "guincho 44") funcionando em conjunto com os cabos de amarração. O guincho 44 pode ser acoplado ao cabo 36 do guincho. Esticando e afrouxando selectivamente diferentes cabos de amarração, a orientação do

módulo 4 flutuante pode ser alterada, como aqui descrito anteriormente. Assim, a orientação do módulo 4 flutuante pode ser alterada mesmo com um sistema de amarração multiponto acoplado ao módulo.

A Figura 19 é um diagrama esquemático em vista superior do sistema de energia eólica num primeiro estado de orientação com uma outra forma de realização de um sistema de rotação tendo, pelo menos, um guincho. A Figura 20 é um diagrama esquemático em vista superior do sistema de energia eólica rodado para um segundo estado de orientação com o sistema de rotação da Figura 19 tendo, pelo menos, um guincho. As figuras serão descritas em conjunto uma com a outra. O sistema 2 de energia eólica inclui um módulo 4 flutuante tendo, pelo menos, duas turbinas eólicas verticais (não mostradas) acopladas àquele. O módulo 4 flutuante pode ser acoplado com um sistema 39 de amarração multiponto tendo, pelo menos, dois pontos 34 de amarração acoplados a, pelo menos, dois cabos 36 de amarração. O sistema 43 da rotação inclui um ou mais guinchos 44 que podem ser acoplados a um ou mais cabos 36 de amarração. O guincho 44 pode ser acoplado numa localização conveniente ao ponto 34 de amarração puxar sobre ou libertar o cabo de amarração acoplado ao guincho. Por exemplo e sem limitação, um cabo 36A de amarração pode ser acoplado a um ponto 34A de amarração e ser acoplado a um guincho 44A. Um cabo 36B de amarração pode ser acoplado a um ponto 34B de amarração e a um guincho 44B. Um cabo 36C de amarração pode ser acoplado a um ponto 34C de amarração e a um guincho 44C. O cabo 36B de amarração pode ser acoplado a um ponto 34D de amarração e a um guincho 44D. Os pontos de amarração podem permitir que os cabos do guincho sejam acoplados àqueles e engatados de forma deslizante aos pontos de

amarração, enquanto os cabos de amarração podem ser acoplados aos guinchos para serem puxados ou afrouxados daqueles.

Como mostrado na Figura 19, o módulo 4 flutuante pode estar num primeiro estado de orientação que pode ser conducente a uma particular direcção do vento naquele momento. Porém, se o vento muda de direcção, uma ou mais das turbinas eólicas acopladas ao módulo 4 flutuante podem perder a sua eficiência de saída máxima pela turbulência do vento proveniente de outras turbinas eólicas adjacentes ou outros factores. Para ajustar a orientação do módulo flutuante, um ou mais guinchos podem ser feitos funcionar para esticar ou afrouxar os cabos 36 de amarração. Dependendo do grau de orientação desejado, a suspensão catenária de um cabo particular, e outros factores, podem ser tomadas decisões de quais e quantos dos guinchos precisam de ser activados para puxar ou afrouxar o cabo de amarração apropriado. Por exemplo, no exemplo não limitativo mostrado na Figura 20, o guincho 44A pode esticar o cabo 36A de amarração puxando no cabo de amarração e recolhendo uma parte do cabo de amarração no carretel do guincho. Inversamente, o guincho 44B pode permitir uma folga adicional do cabo 36B de amarração libertando uma parte do cabo 36B de amarração enrolada no carretel do guincho 44B. De modo semelhante, o guincho 44C pode puxar o cabo 36C de amarração e assim esticar o cabo 36C, enquanto que, inversamente, o guincho 44D pode afrouxar o cabo 36D libertando uma parte do cabo. Os esforços cooperativos resultantes de um ou mais guinchos e cabos de amarração formam o sistema 43 de rotação e modificam a orientação do módulo 4 flutuante na Figura 20 relativamente à orientação do módulo flutuante na Figura 19. Embora se preveja que diversas quantidades de orientações possam ser concretizadas por diferentes sistemas de

rotação operados ou activados até uma variedade de graus, geralmente a estrutura pode mover-se $\pm 45^\circ$ a partir de um estado neutro óptimo predeterminado e obter a maioria do benefício das direcções de vento variáveis. Além disso, é provável que uma variação de $\pm 20^\circ$ seja suficiente para abranger uma quantidade significativa do benefício de variar a orientação do módulo 4 flutuante.

A Figura 21 é um diagrama esquemático em vista superior do sistema de energia eólica num primeiro estado de orientação com uma outra forma de realização de um sistema de rotação tendo, pelo menos, um guincho. A Figura 21 ilustra uma variação do sistema 43 de rotação das formas de realização mostradas na Figuras 19 e 20. Um guincho 44A pode ser acoplado ao cabo 36A de amarração e ao cabo 36D de amarração. De um modo alternativo, os cabos 36A, 36D de amarração podem formar um único cabo de amarração acoplado ao guincho 44A e estendendo-se para o exterior do módulo flutuante em ambas as direcções. De modo semelhante, o guincho 44B pode ser acoplado ao cabo 36B de amarração e ao cabo 36C de amarração, ou um único cabo que inclua ambos os cabos 36A, 36C de amarração. A orientação do módulo 4 flutuante pode ser variada por activação de um ou mais dos guinchos 44A, 44B. Porque os guinchos são acoplados a ambos os cabos (ou ao único cabo), rodar o guincho resulta num cabo ser esticado e um cabo ser afrouxado. O guincho 44A pode ser rodado, o que afrouxa um dos cabos 36A, 36D de amarração, enquanto estica o outro cabo de amarração. De modo semelhante, o guincho 44B pode ser rodado para afrouxar e esticar os cabos 36A, 36C de amarração, enquanto estica o outro cabo de amarração. Em alguns modos de funcionamento, os guinchos 44A, 44D podem ser rodados de modo que lados opostos

dos seus respectivos cabos de amarração sejam afrouxados e esticados. Por exemplo, o guincho 44A pode ser rodado para esticar o cabo 36A de amarração e afrouxar o cabo 36D de amarração. O guincho 44B pode ser rodado para afrouxar o cabo 36B de amarração e esticar o cabo 36C de amarração. Colectivamente, o afrouxamento e tensionamento podem reorientar o módulo 4 flutuante para a orientação exemplificativo mostrada na Figura 20.

A Figura 22 é um diagrama esquemático em vista superior do sistema de energia eólica num primeiro estado de orientação com uma outra forma de realização de um sistema de rotação tendo, pelo menos, um conjunto de translação numa primeira posição. A Figura 23 é um diagrama esquemático em vista superior do sistema de energia eólica rodado para um segundo estado de orientação com o sistema de rotação da Figura 22 tendo o conjunto de translação numa segunda posição. As figuras serão descritas em conjunto uma com a outra. O sistema 2 de energia eólica inclui uma plataforma 4 flutuante com, pelo menos, as duas turbinas eólicas (não mostradas) acopladas àquela. O módulo 4 flutuante pode ser amarrado a um leito marinho com um sistema 39 de amarração tendo, pelo menos, dois pontos 34 de amarração em torno da plataforma 4 flutuante com as turbinas eólicas. Por exemplo, pelo menos, dois pontos 34A, 34B, 34C e 34D de amarração podem ser acoplados a, pelo menos, dois cabos 36A, 36B, 36C e 36D de amarração, respectivamente.

A forma de realização exemplificativa do sistema 43 da rotação pode incluir, pelo menos, um conjunto 46 de translação acoplado a, pelo menos, dois cabos de amarração acoplados a, pelo menos, dois pontos de amarração. Por exemplo, o cabo 36A de

amarração, acoplado ao ponto 34A de amarração, pode ser acoplado a um primeiro conjunto 46A de translação num ponto 48A de acoplamento no conjunto. De modo semelhante, o cabo 36D de amarração, acoplado ao ponto 34D de amarração, pode ser acoplado ao conjunto 46A de translação num ponto 48D de acoplamento no conjunto. O cabo 36B de amarração, acoplado ao ponto 34B de amarração, pode ser acoplado a um segundo conjunto 46B de translação num ponto 48B de acoplamento. O cabo 36C de amarração, acoplado ao ponto 34C de amarração, pode ser acoplado ao segundo conjunto 46B de translação no ponto 48C de acoplamento. Embora os cabos 36A, 36D de amarração que estão acoplados ao primeiro conjunto 46A de translação sejam descritos como cabos separados, deve compreender-se que os cabos podem ser um cabo contínuo através dos pontos 34A, 34D de amarração e ser acoplado ao conjunto 46A de translação. De igual modo, os cabos 36B, 36C podem realmente ser um único cabo passando através dos pontos 34B, 34C de amarração e acoplada ao segundo conjunto 46B de translação. Por exemplo e sem limitação, o conjunto 46 de translação pode ser um portador montado em carril ligado a uma força motriz, tal como motor, para mover o conjunto de translação para a frente e para trás ao longo de um carril. Como outro exemplo, o conjunto 46 de translação pode ser um actuador linear, tais como um cilindro hidráulico ou um actuador de parafuso, com uma força motriz acoplada àquele para mover o conjunto de translação para a frente e para trás. Outros exemplos de conjuntos de translação são contemplados.

O sistema 2 de energia eólica é mostrado num primeiro estado de orientação na Figura 22. Tal primeiro estado pode tirar vantagem de uma direcção do vento particular que proporcione a maior eficiência para as turbinas eólicas

acopladas ao módulo 4 flutuante durante a maior parte do tempo ou, de outro modo, adequado a essa particular direcção do vento. O conjunto de translação pode ser estacionário para manter tal orientação. Porém, se a direcção do vento muda, a nova direcção do vento pode resultar numa menor energia produzida a partir do sistema 2 de energia eólica devido à turbulência das turbinas eólicas em fileiras diferentes ou em outras localizações no módulo 4 flutuante, e outros factores afectando a turbulência do vento. Para aumentar a eficiência ou de outro modo modificar o desempenho do sistema 2 de energia eólica, o sistema 43 de rotação pode modificar a orientação do módulo 4 flutuante. Por exemplo, comparando as ilustrações entre a Figura 22 e a Figura 23, o primeiro conjunto 46A de translação move-se em translação para a direita para modificar a tensão os cabos ligadas aos dois pontos 34A, 34D de amarração. Especificamente, a parte do cabo 36A de amarração esticaria e a parte do cabo 36D de amarração afrouxaria. De modo semelhante, o segundo conjunto 46B de translação move-se em translação para a esquerda. O movimento nesta direcção permite que o cabo 36B de amarração afrouxe enquanto simultaneamente estica o cabo 36C. As diferentes tensões sobre os cabos de amarração através da suspensão catenária acima descrita causam efectivamente uma reorientação do módulo 4 flutuante para um segundo estado de orientação na Figura 23, em comparação com um primeiro estado de orientação na Figura 22. Assim, o sistema 43 de rotação com o conjunto 46 de translação roda o módulo flutuante para uma nova orientação.

A Figura 24 é um diagrama esquemático numa vista em perspectiva superior ilustrando múltiplos módulos flutuantes do sistema de energia eólica num primeiro estado de orientação para

uma primeira direcção do vento. A Figura 25 é um diagrama esquemático numa vista em perspectiva superior ilustrando múltiplos módulos flutuantes do estado do sistema de energia eólica num segundo estado de orientação para uma segunda direcção do vento. As figuras serão descritas em conjunto uma com a outra. O sistema 2 de energia eólica inclui uma pluralidade de módulos 4A, 4B, 4C, 4D, 4E, e 4F flutuantes tendo uma pluralidade de turbinas eólicas (não mostradas) acopladas àqueles. Um sistema de amarração multiponto, tal como descrito acima, pode ser acoplado aos módulos flutuantes para fixar os módulos flutuantes numa localização fixa. O sistema de amarração multiponto inclui, pelo menos, dois pontos de amarração dispostos em torno dos módulos flutuantes, tendo, pelo menos, dois cabos de amarração acoplados àqueles. Em, pelo menos, um sistema, os módulos flutuantes podem ser dispostos e alinhados para enfrentar uma direcção W1 do vento para ajudar a maximizar eficiências do vento do sistema de energia eólica. A direcção óptima do vento pode ser determinada através de modelação por computador e estudos empíricos. À medida que a direcção do vento muda para uma direcção W2 diferente, então os módulos flutuantes podem ser rodados para uma orientação diferente para ajudar a melhorar a eficiência de cada um dos módulos flutuantes para a direcção do vento diferente. O sistema de amarração multiponto limita o movimento máximo e diferencia o sistema de energia eólica de um ponto de amarração único. Porém, os benefícios de um sistema de amarração multiponto incluem entre outros, uma estabilidade e um controlo significativos sobre o movimento.

Outras e adicionais formas de realização utilizando um ou mais aspectos das invenções acima descritas podem ser concebidas sem sair do âmbito das reivindicações. Por exemplo, diferentes

números de turbinas eólicas e dispositivos flutuantes de turbina podem ser utilizados, diferentes números de pares de turbinas eólicas com conjuntos em contra-rotação podem ser utilizados, turbinas eólicas podem ser montadas em posições diferentes das mostradas, tal como e sem limitação, entre os dispositivos flutuantes de turbina ou dispositivos flutuantes estabilizadores, e diferentes tamanhos de turbinas eólicas podem ser utilizados em diferentes posições sobre um dado módulo flutuante. Outras variações são possíveis.

Além disso, os diversos métodos e formas de realização da divulgação da turbina eólica podem ser incluídos em combinação uns com os outros para produzir variações dos métodos e formas de realização divulgados. A discussão de elementos singulares pode incluir elementos plurais e vice-versa. Referências a, pelo menos, um artigo seguidas por uma referência ao artigo podem incluir um ou mais artigos. De igual modo, diversos aspectos das formas de realização, poderiam ser utilizados em conjunto uns com os outros para realizar os objetivos implícitos da divulgação. A menos que o contexto exija de outro modo, a palavra "compreende" ou variações, tais como "compreendem" ou "compreendendo", deve ser entendida como implicando, pelo menos, a inclusão do elemento indicado ou passo ou conjunto de elementos ou passos ou os seus equivalentes, e não a exclusão de uma quantidade numérica maior ou qualquer outro elemento ou passo ou conjunto de elementos ou passos ou os seus equivalentes. O dispositivo ou sistema pode ser utilizado num número de direcções e orientações. Os termos "acoplado", "acoplando", "acoplamento" e termos semelhantes são aqui utilizados de modo lato e podem incluir qualquer método ou dispositivo para segurar, ligar, fixar, apertar, prender, unir,

introduzir, formar sobre ou em, comunicar, ou de outro modo associar, por exemplo, mecanicamente, magneticamente, electricamente, quimicamente, funcionalmente, directamente ou indirectamente com elementos intermédios, uma ou mais partes de elementos em conjunto e pode, além disso, incluir sem limitação, formar integralmente um elemento funcional com outro numa forma unitária. O acoplamento pode ocorrer em qualquer direcção, incluindo de forma rotativa.

A ordem de passos pode ocorrer numa variedade de sequências, a menos que especificamente limitada de outro modo. Os diversos passos aqui descritos podem ser combinados com outros passos, intercalados com os passos indicados, e/ou divididos em passos múltiplos. De modo semelhante, os elementos foram descritos funcionalmente e podem ser materializados como componentes separados ou podem ser combinados em componentes tendo múltiplas funções.

As invenções foram descritas no contexto das formas de realização preferidas e outras, e não foi descrita cada forma de realização da invenção. Modificações e alterações óbvias às formas de realização descritas são acessíveis aos especialistas na técnica. As formas de realização divulgadas e não divulgadas não se destinam a limitar ou restringir o âmbito ou aplicabilidade da invenção concebida pela Requerente, mas em vez disso, em conformidade com as leis de patentes, a Requerente pretende proteger totalmente todas essas modificações e melhoramentos que estão no âmbito ou gama de equivalência das reivindicações seguintes.

Lisboa, 11 de Agosto de 2014

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema (2) de energia eólica, compreendendo:

um módulo (4) flutuante adaptado para, pelo menos, parcialmente flutuar na água;

pelo menos um par de turbinas (18) eólicas verticais montadas no módulo (4) flutuante,

um sistema (39) de amarração multiponto acoplado entre um leito (40) marinho e o módulo (4) flutuante tendo, pelo menos, dois pontos (34) de amarração, cada um tendo um cabo (36) de amarração em acoplamento de catenária entre o módulo (4) flutuante e o leito (40) marinho, os cabos (36) estando posicionados em localizações em torno do módulo (4) flutuante tendo as turbinas (18) eólicas verticais

caracterizado por uma primeira turbina (18) eólica do par ter uma rotação no sentido horário e por uma segunda turbina (18) eólica do par ter uma rotação no sentido anti-horário como uma disposição em contra-rotação para a primeira turbina (18) eólica, em que a primeira turbina (18) eólica é capaz de funcionar a uma velocidade diferente da segunda turbina (18) eólica para criar um diferencial de binário giroscópico no sistema em torno de um centróide do sistema, em que ao referido diferencial de binário giroscópico é permitido rodar o módulo flutuante para uma nova orientação.

2. Sistema (2) de acordo com a reivindicação 1, compreendendo adicionalmente, um sistema (43) de rotação acoplado com o módulo (4) flutuante e adaptado para rodar o módulo (4) flutuante relativamente à direcção do vento quando o sistema (39) de amarração multiponto está acoplado entre o leito (40) marinho e o módulo (4) flutuante.
3. Sistema (2) de acordo com a reivindicação 2, em que o sistema (43) de rotação compreende a disposição em contra-rotação.
4. Sistema (2) de acordo com a reivindicação 2, em que o sistema (43) de rotação compreende, pelo menos, um conjunto (46) de translação acoplado a, pelo menos, dois cabos (36) de amarração dispostos em múltiplos pontos de amarração, o conjunto (46) de translação adaptado para modificar concorrentemente uma tensão sobre os, pelo menos, dois cabos (36) de amarração.
5. Sistema (2) de acordo com a reivindicação 2, em que o sistema (43) de rotação compreende, pelo menos, um guincho (44) acoplado a, pelo menos, um cabo (36) de amarração, o guincho (44) estando adaptado para puxar ou afrouxar um comprimento do cabo (36) de amarração acoplado ao ponto (34) de amarração.
6. Sistema (2) de acordo com a reivindicação 1, em que múltiplos pares são acoplados ao módulo (4) flutuante, e em que as turbinas (18) eólicas são separadas pelo sentido de rotação em dois conjuntos, os conjuntos estando localizados em lados opostos do módulo (4) flutuante.

7. Sistema (2) de acordo com a reivindicação 1, em que as turbinas (18) eólicas verticais são acopladas em fileiras sobre o módulo (4) flutuante com, pelo menos, uma fileira de turbinas (18) eólicas deslocadas em alinhamento a partir de uma fileira adjacente de turbinas (18) eólicas.
8. Sistema (2) de acordo com a reivindicação 1, em que as turbinas (18) eólicas verticais são acopladas em fileiras sobre o módulo (4) flutuante com, pelo menos, uma fileira de turbinas (18) eólicas escalonadas a uma altura diferente a partir de uma fileira adjacente de turbinas (18) eólicas.
9. Sistema de acordo com a reivindicação 2, em que, pelo menos, alguns dos cabos (36) de amarração são acoplados entre o módulo (4) flutuante e o leito (40) marinho em suspensão catenária sob o módulo (4) flutuante, e em que a suspensão catenária faz tender o módulo (4) flutuante para um estado neutro de orientação após o sistema (43) de rotação ter rodado o módulo flutuante a partir do estado neutro.
10. Método de otimizar a energia eólica a partir de uma plataforma (4) flutuante tendo, pelo menos, duas turbinas (18) eólicas verticais montadas sobre a plataforma (4) com um sistema (39) de amarração multiponto tendo cabos de amarração fixando a plataforma (4) flutuante numa localização relativamente a um leito (40) marinho, caracterizado por

permitir a um par de turbinas (18) eólicas a contra-rotação em sentidos opostos uma da outra, com uma primeira turbina (18) eólica do par tendo uma rotação no sentido

horário e uma segunda turbina (18) eólica do par tendo uma rotação no sentido anti-horário, e permitir que a primeira turbina (18) eólica funcione a uma velocidade diferente da segunda turbina (18) eólica para criar um diferencial de binário giroscópico no sistema em torno de um centróide do sistema; e

rodar uma orientação da plataforma (4) flutuante de um primeiro (39) estado de orientação para um segundo estado de orientação enquanto o sistema (39) de amarração multiponto está acoplado entre o leito (40) marinho e a plataforma (4) flutuante compreendendo, além disso, permitir que o diferencial de binário giroscópico rode o módulo (4) flutuante para uma nova orientação.

11. Método de acordo com a reivindicação 10 compreendendo adicionalmente:

esticar, pelo menos, um cabo (36) de amarração do sistema (39) de amarração multiponto; e

rodar a orientação da plataforma (4) flutuante de um primeiro estado de orientação para um segundo estado de orientação esticando, pelo menos, um cabo (36) de amarração.

12. Método de acordo com a reivindicação 11, em que esticar, pelo menos, um cabo (36) de amarração compreende utilizar um guincho em cabo.

13. Método de acordo com a reivindicação 11 compreendendo

adicionalmente, esticar uma parte de, pelo menos, um cabo (36) de amarração enquanto se afrouxa outra parte do cabo (36) de amarração.

14. Método de acordo com a reivindicação 13, em que esticar a parte do, pelo menos, um cabo (36) de amarração compreende mover em translação uma ligação do cabo (36) de amarração para uma localização diferente sobre o módulo flutuante.

Lisboa, 11 de Agosto de 2014

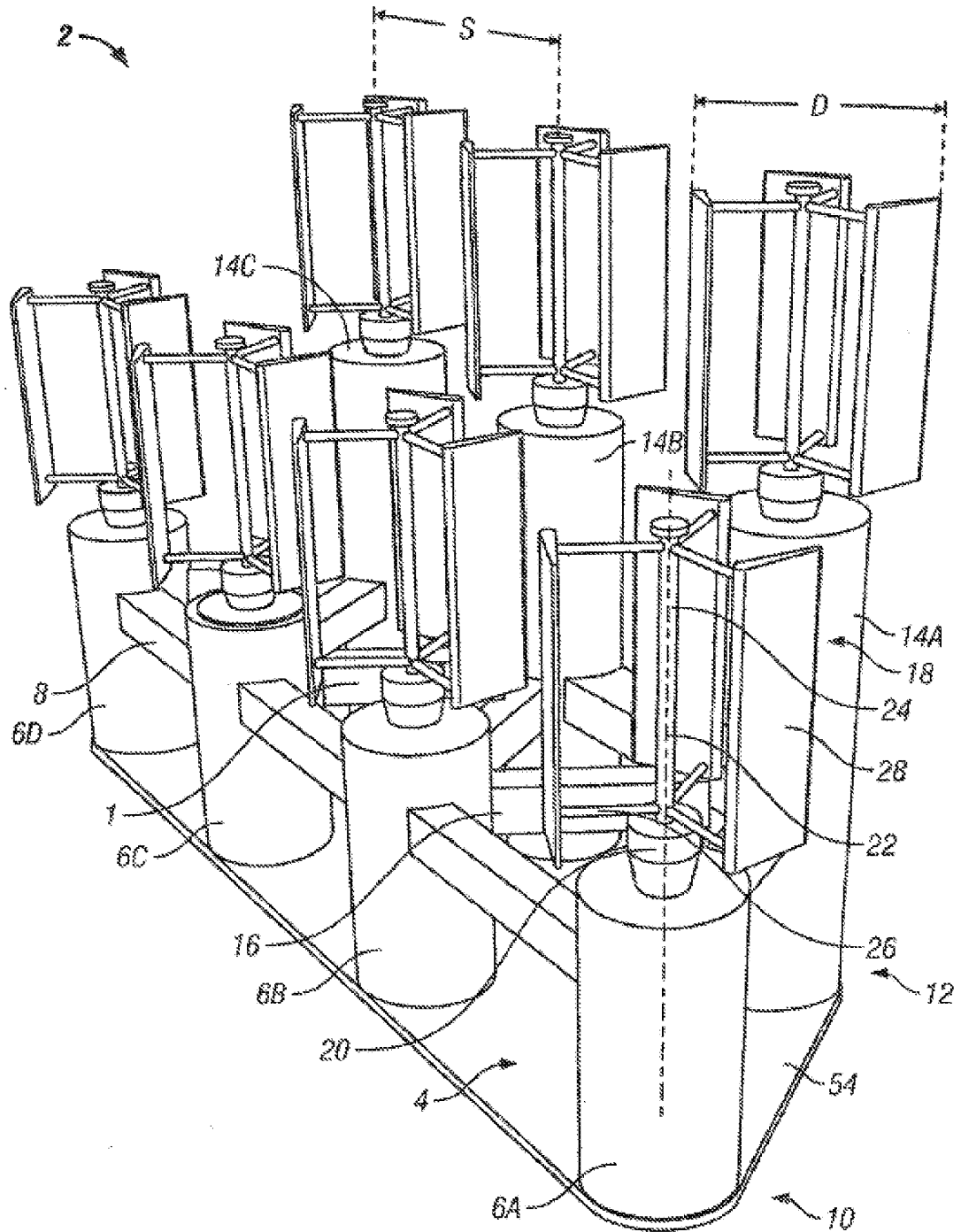


FIG. 1

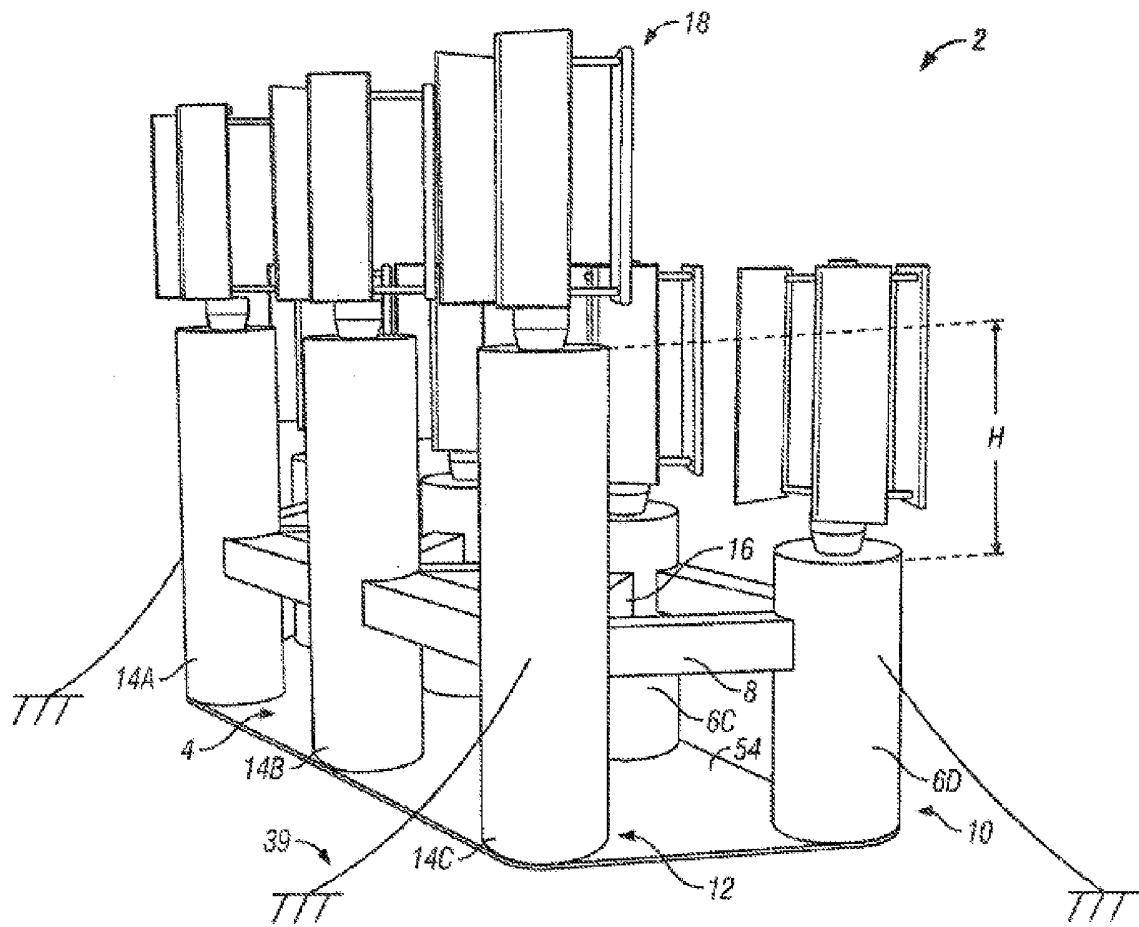
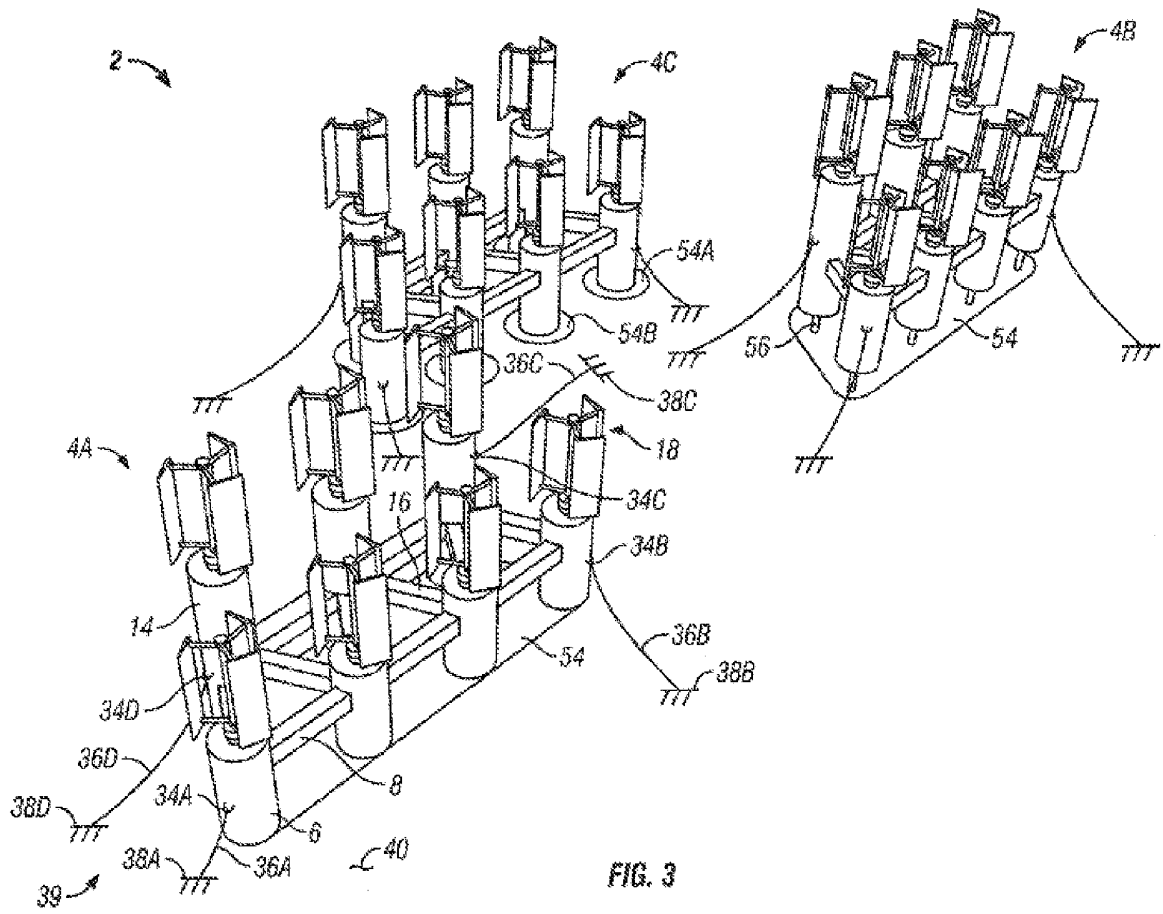


FIG. 2



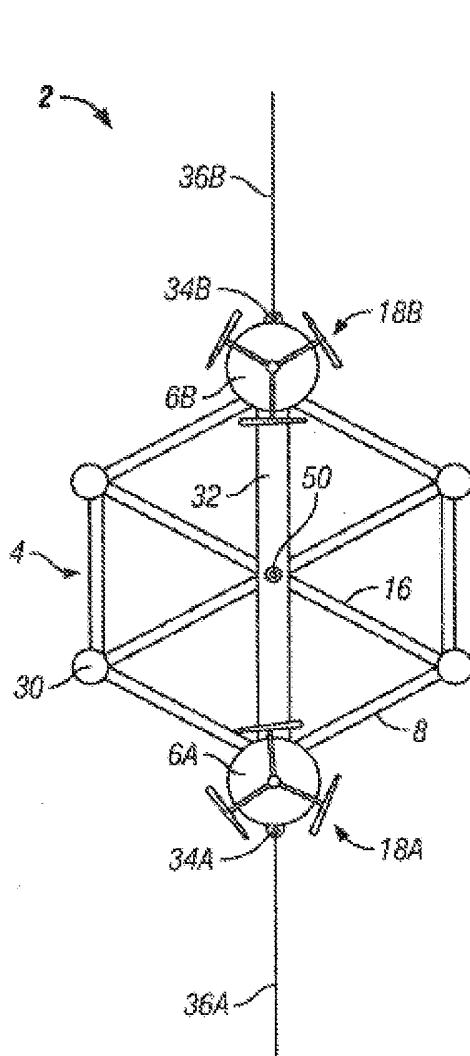


FIG. 5

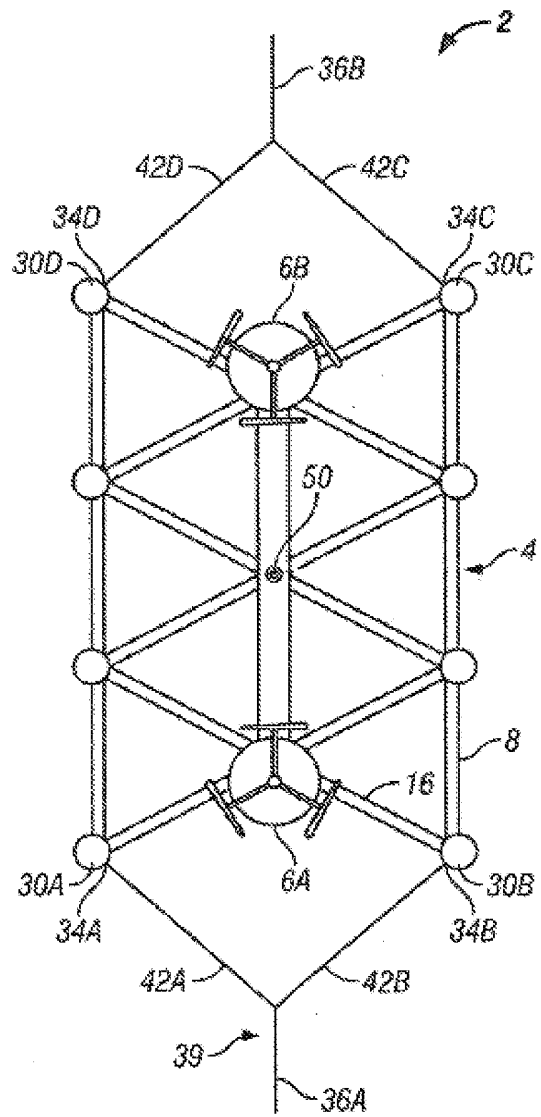


FIG. 6

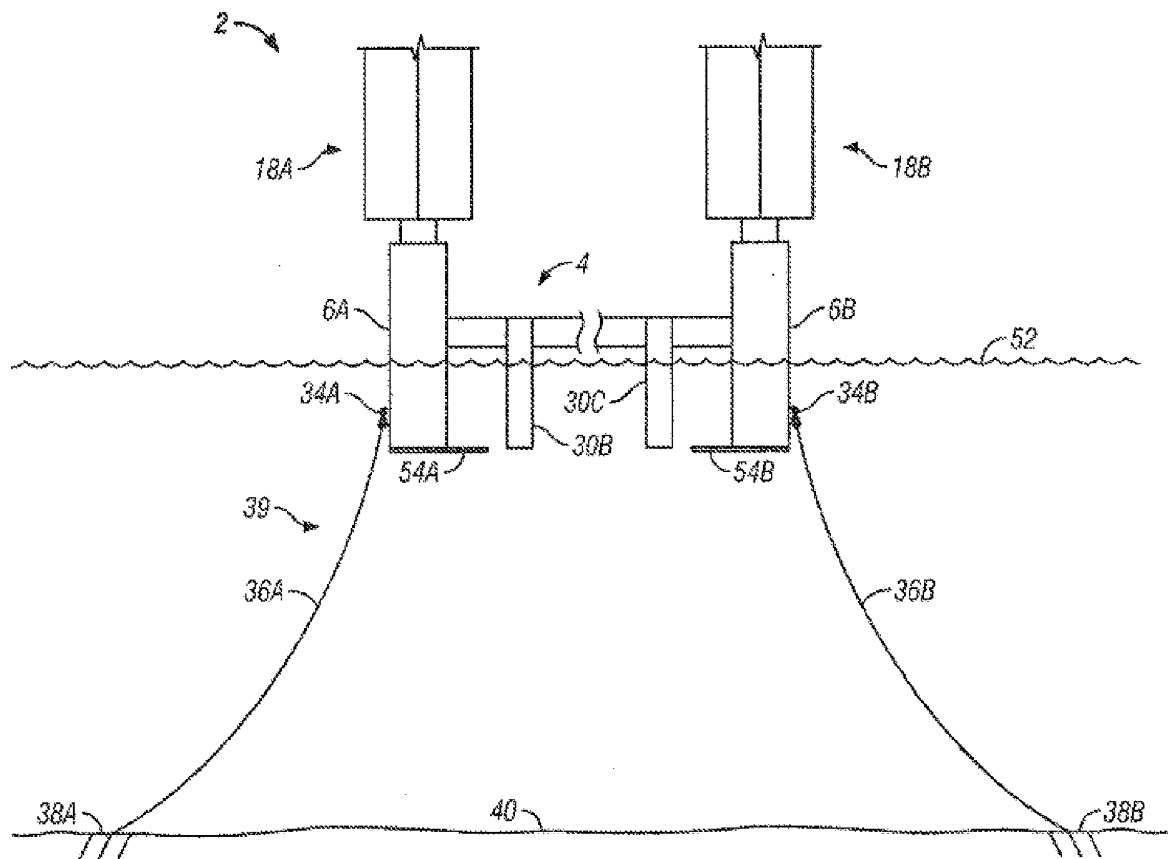


FIG. 7

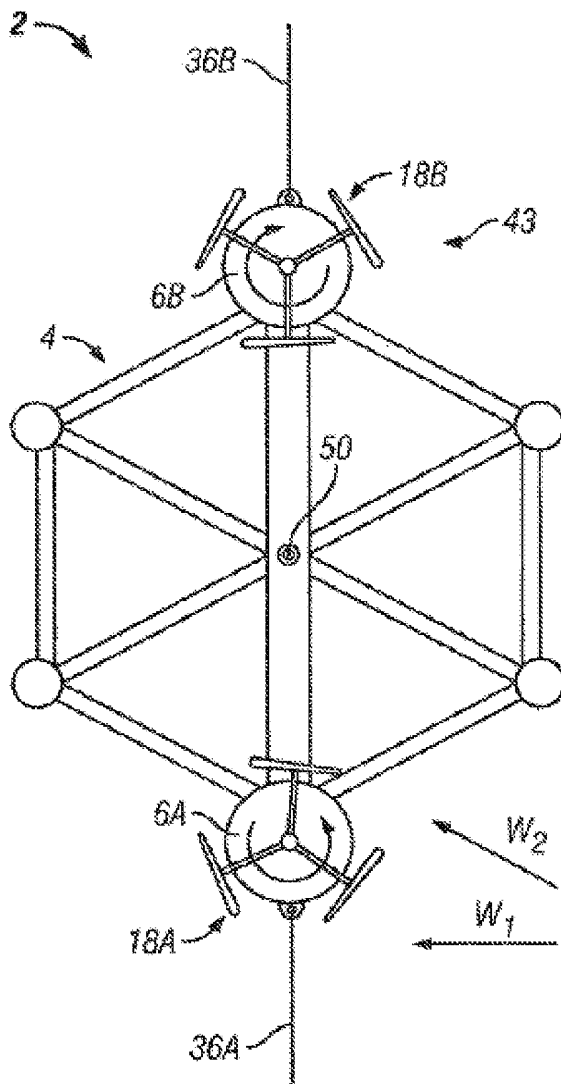


FIG. 8

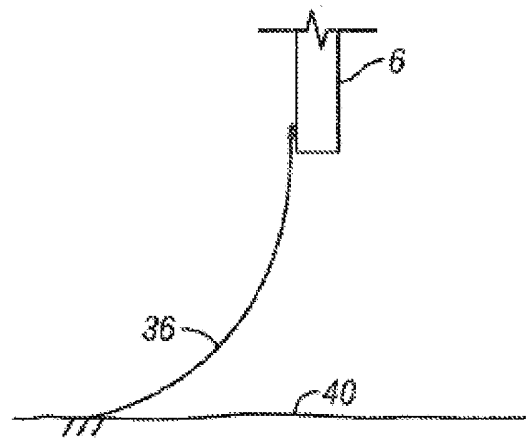


FIG. 8A

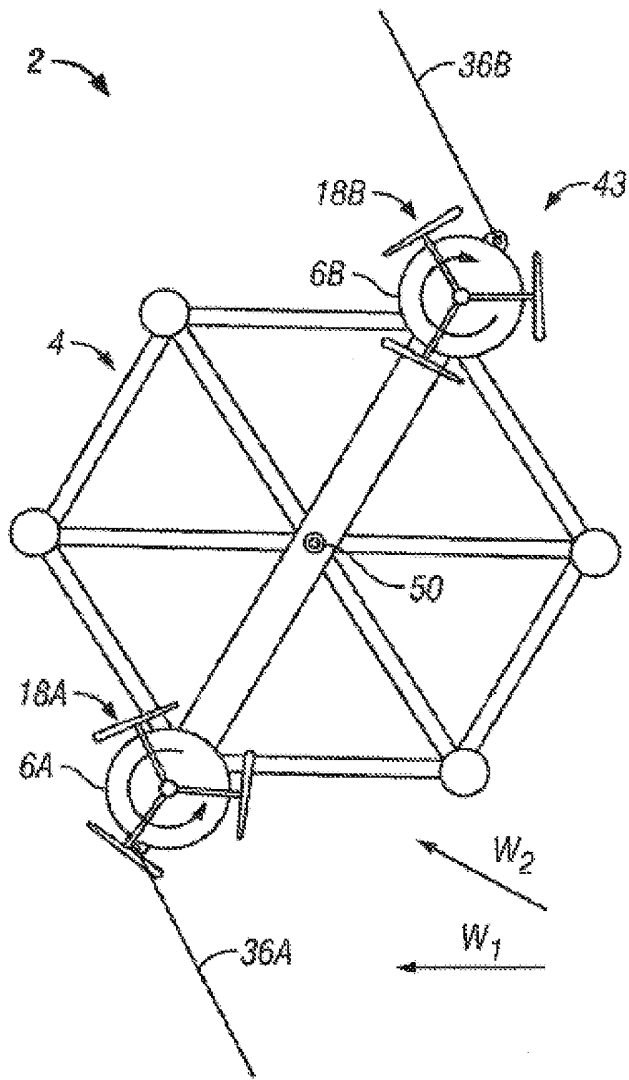


FIG. 9

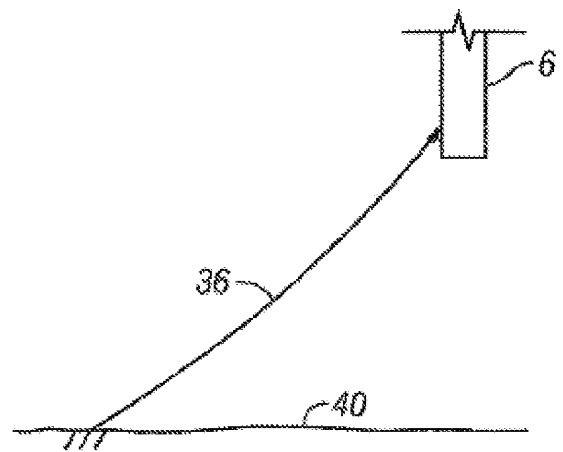
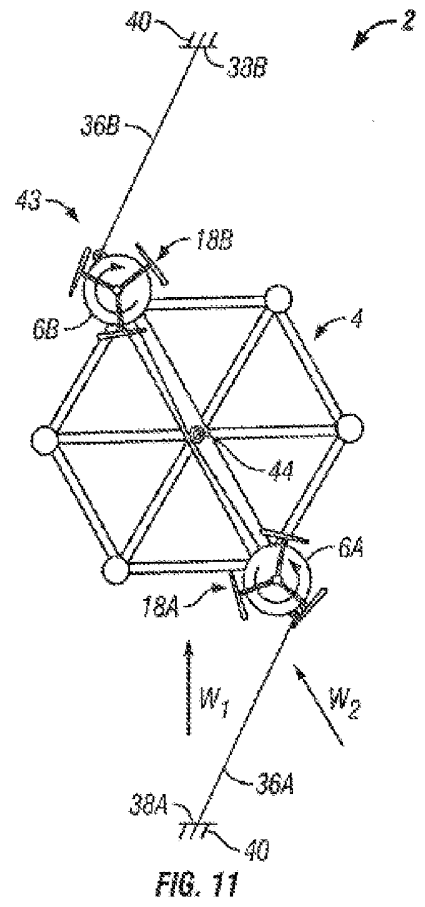
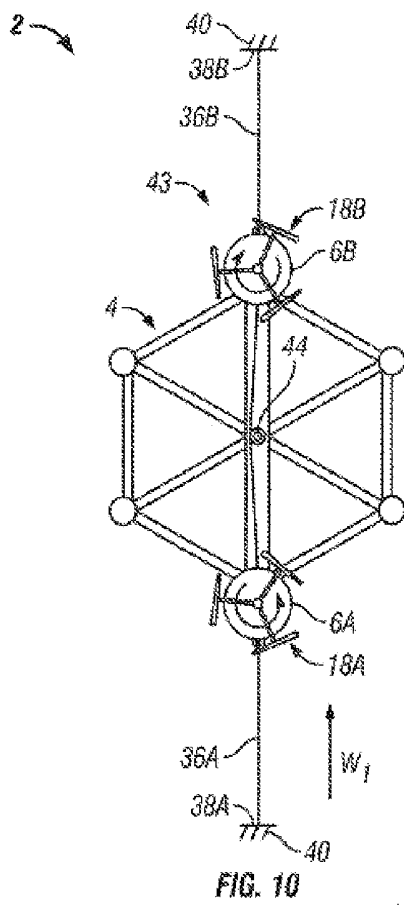
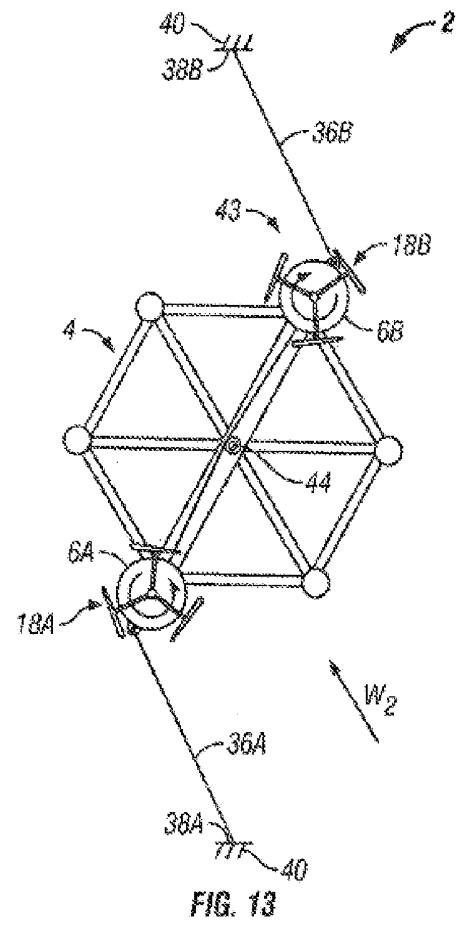
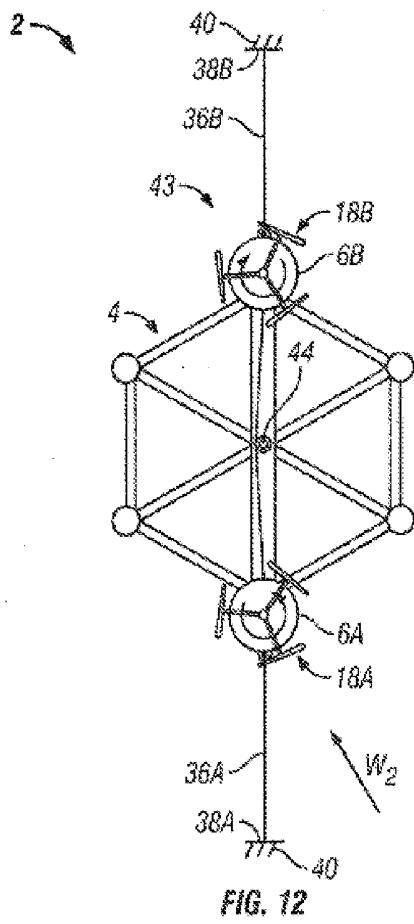


FIG. 9A





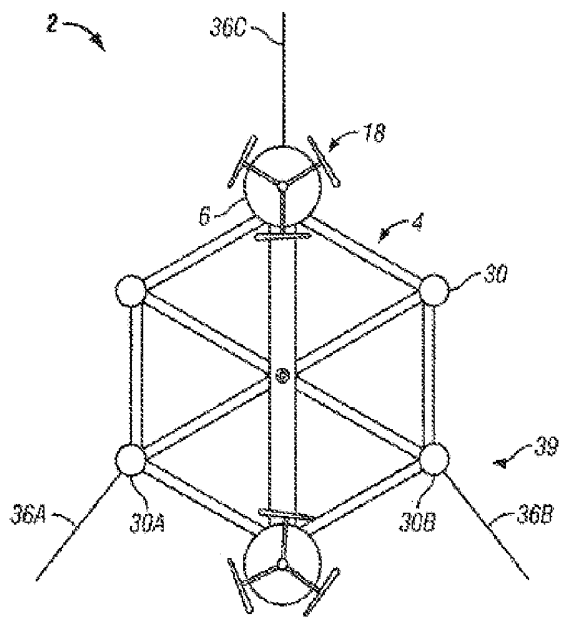


FIG. 14

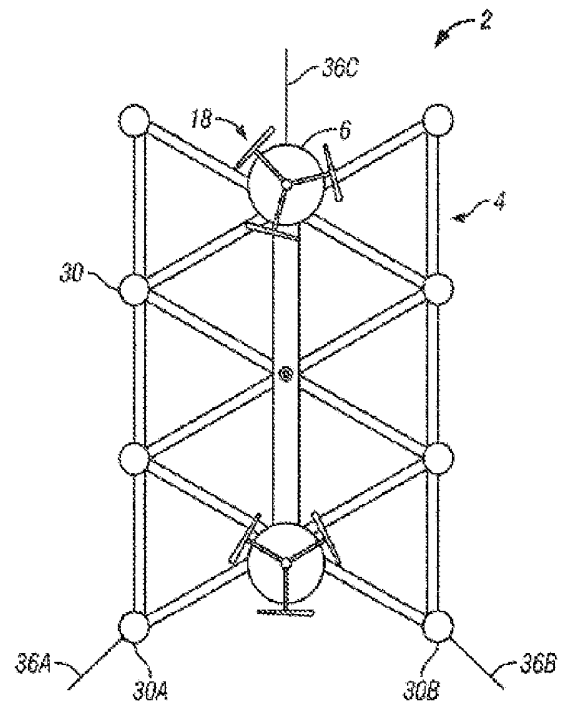


FIG. 15

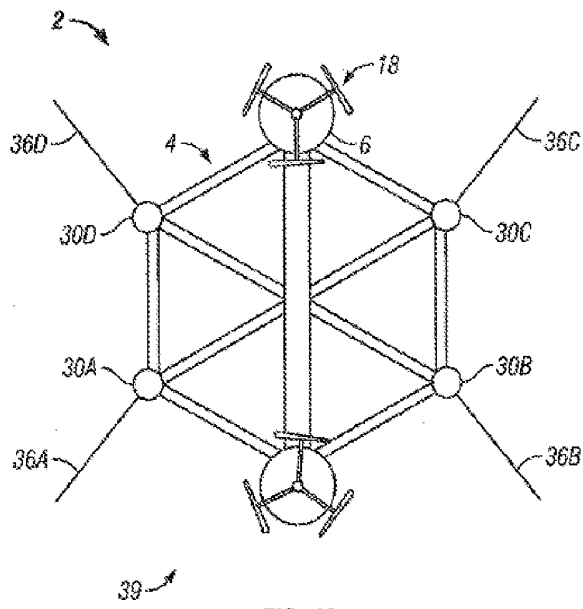


FIG. 16

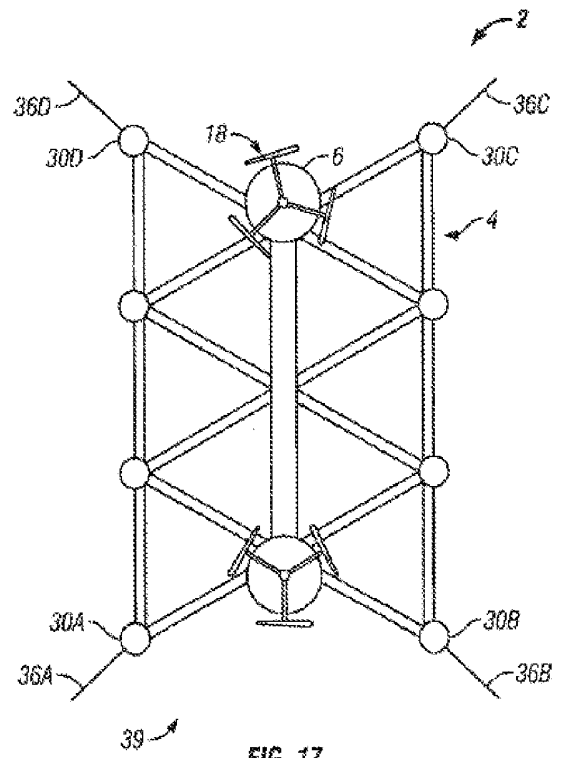


FIG. 17

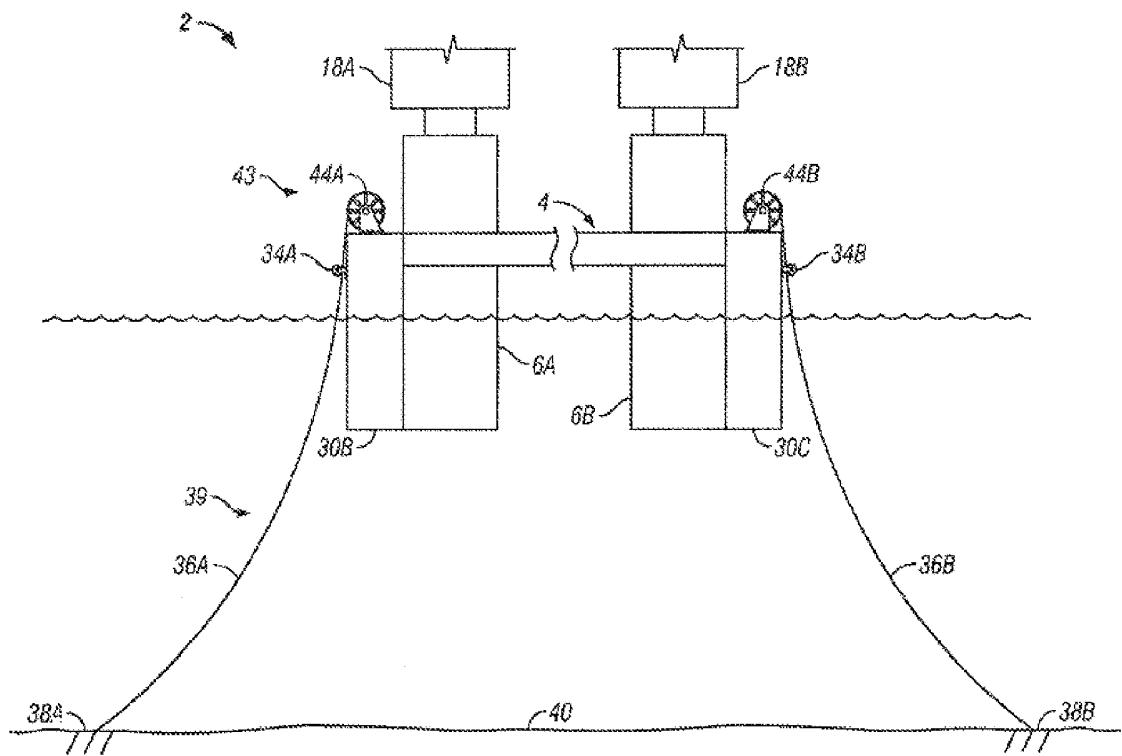
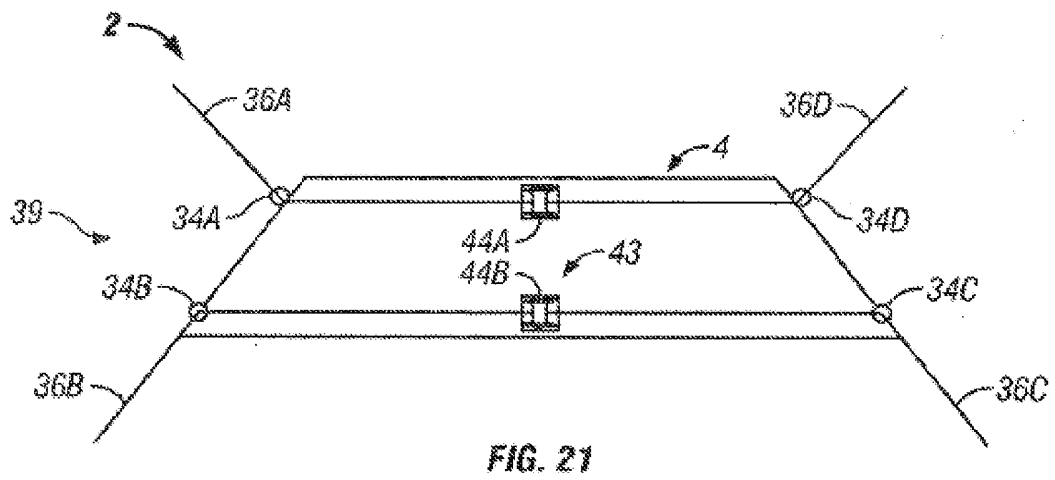
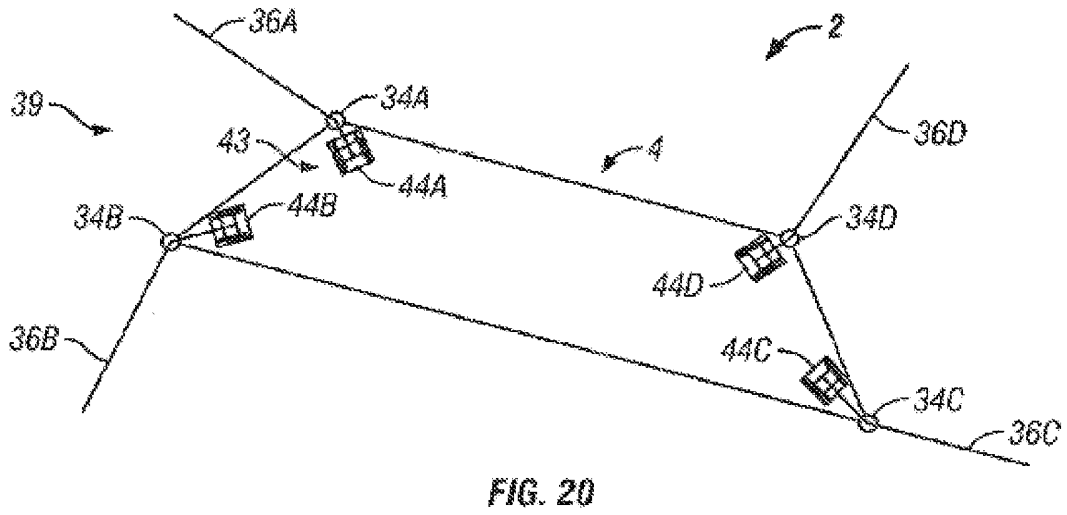
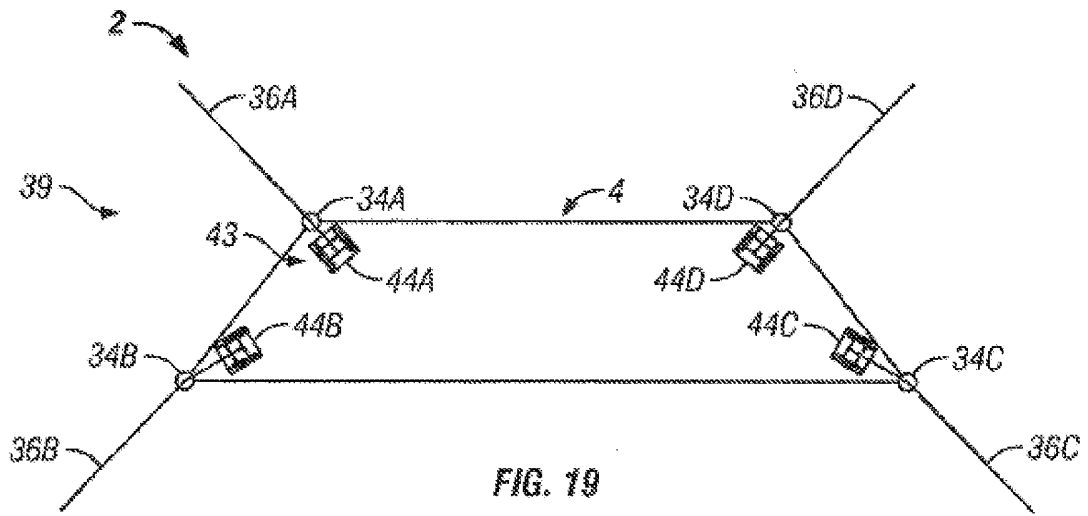


FIG. 18



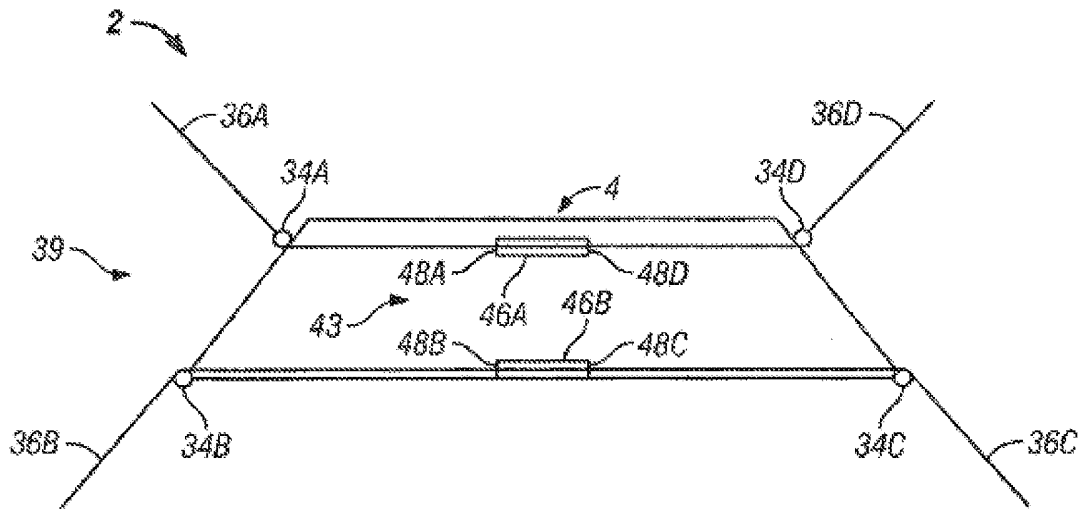


FIG. 22

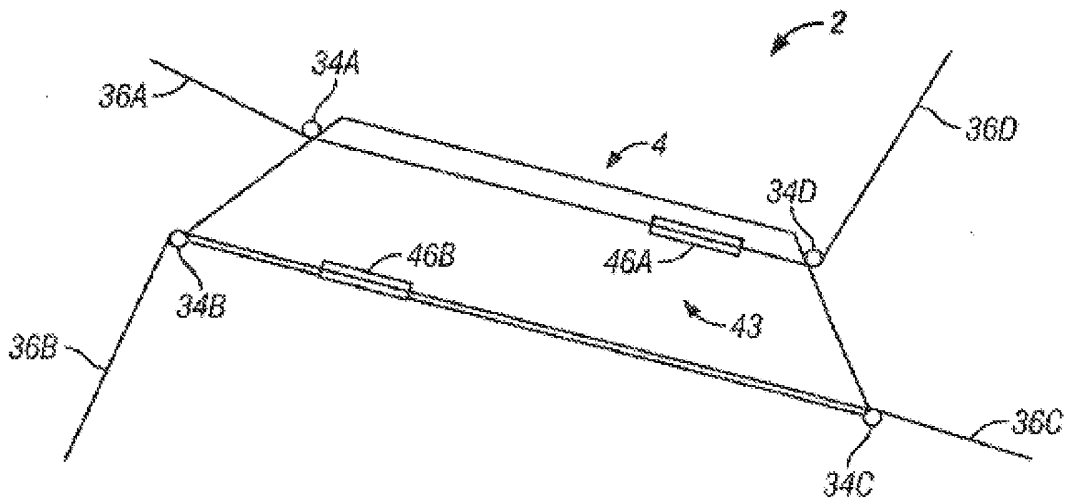


FIG. 23

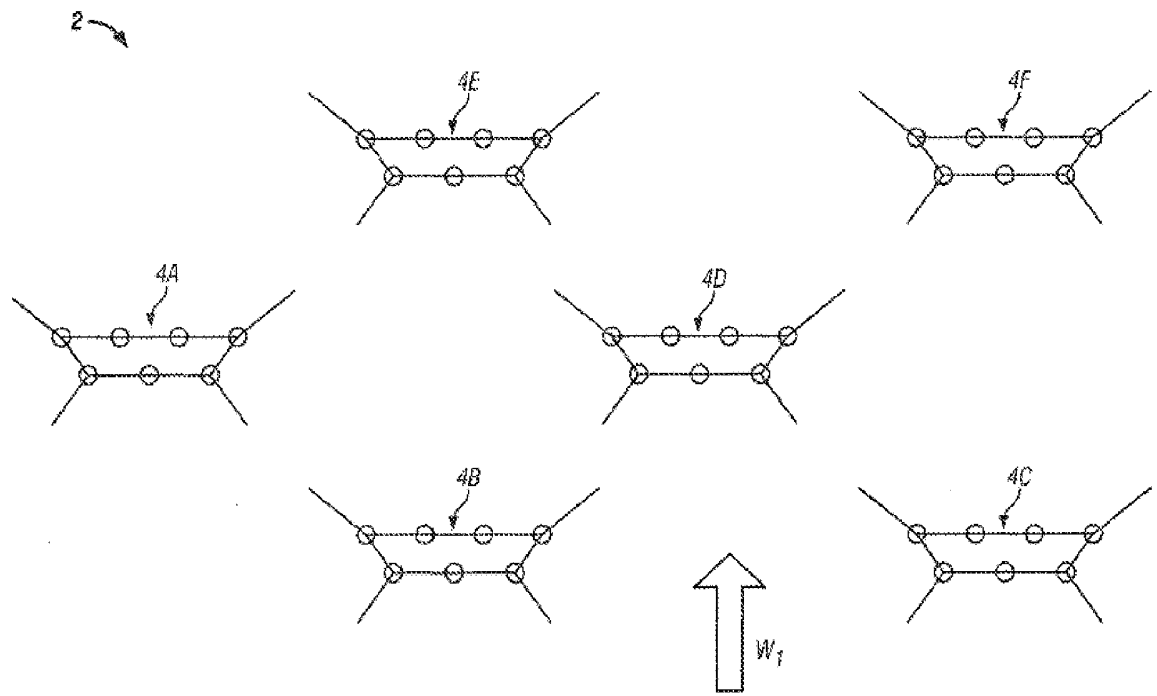


FIG. 24

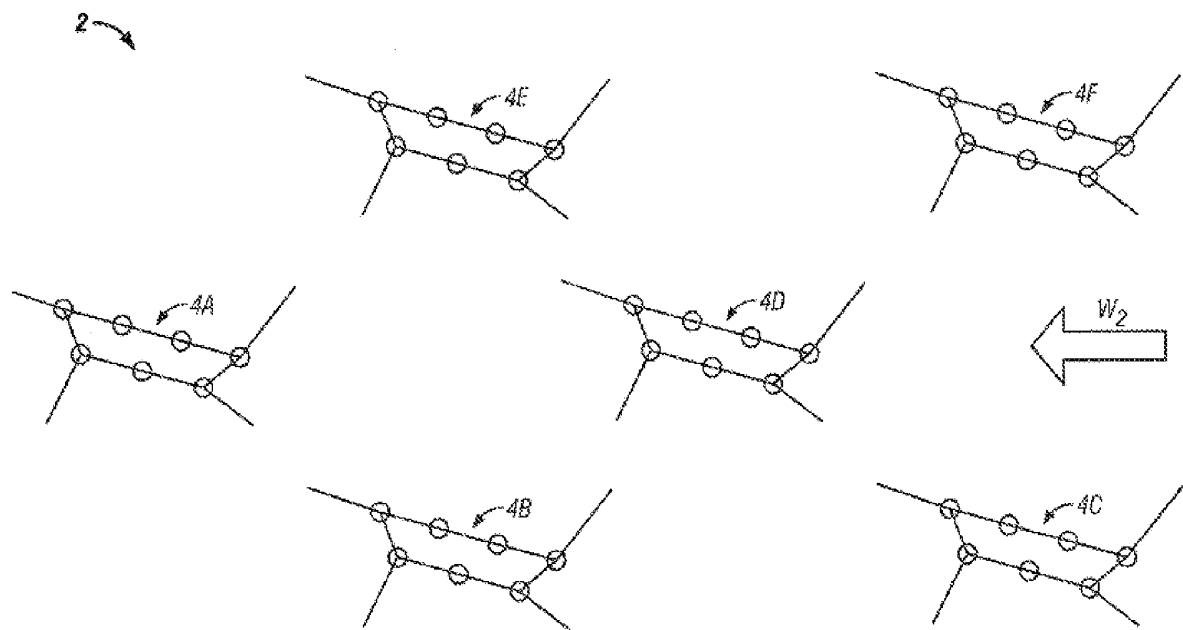


FIG. 25