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

(19) Organização Mundial da Propriedade Intelectual
Secretaria Internacional

(43) Data de Publicação Internacional
7 de Agosto de 2014 (07.08.2014)

WIPO | PCT

(10) Número de Publicação Internacional
WO 2014/117231 A1

(51) Classificação Internacional de Patentes : *E04H 12/10* (2006.01) *E04C 3/04* (2006.01) *F03D 1/00* (2006.01)

(21) Número do Pedido Internacional : PCT/BR2013/000036

(22) Data do Depósito Internacional : 1 de Fevereiro de 2013 (01.02.2013)

(25) Língua de Depósito Internacional : Português

(26) Língua de Publicação : Português

(71) Requerente : **SECCIONAL BRASIL SA** [BR/BR]; Av. Juscelino Kubitschek de Oliveira, 915, Curitiba, Paraná, 81280-140 (BR).

(72) Inventores : **ABREU, Paulo Emmanuel de**; Av. Juscelino Kubitschek de Oliveira, 915, Curitiba, Paraná, 81280-140 (BR). **AMARANTE, Odilon Antonio Camargo do**; Rua Juvenal Galeno, 55, Curitiba, Paraná, 82520-030 (BR).

(74) Mandatário : **ABREU, MERKL E ADVOGADOS ASSOCIADOS**; Rua Joaquim da Silva Sampaio, 117, Curitiba, CEP : 80710-630, Paraná (BR).

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

(84) Estados Designados *(sem indicação contrária, para todos os tipos de proteção regional existentes)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasiático (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), Europeu (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,

(Continua na página seguinte)

(54) Title : LATTICE TOWER

(54) Título : TORRE TRELIÇADA

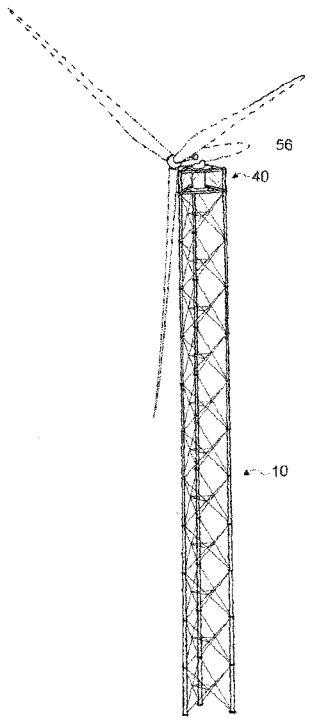


FIG. 13A

(57) Abstract : The invention relates to vertical structures designed to bear high loads, more particularly lattice towers used for wind turbines and other uses, and characterised in that it comprises three metallic columns arranged in a triangle about a vertical axis of the lattice tower, each metallic column having a cross-section with a closed profile, the distance between the centres of the metallic columns being greater than 4 metres in the region of the tower base, an angle of inclination of the central longitudinal axis of each metallic column in relation to the vertical axis of the tower ranging from -1.7 to +1.7 degrees, and the height of the lattice tower being greater than 60 metres, and in that it comprises a plurality of wind bracing and auxiliary wind bracing members, as well as a support platform arranged in a region of the top of the tower.

(57) Resumo : Esta invenção refere-se a estruturas verticais para atuar sob condições de cargas elevadas, mais particularmente torres treliçadas utilizadas para turbinas eólicas e outras aplicações, caracterizada por compreender três colunas metálicas dispostas em uma configuração triangular em torno de um eixo vertical da torre treliçada, em que cada coluna metálica tem uma seção transversal com perfil fechado, a distância entre os centros das colunas metálicas na porção de base da torre é superior a 4 metros, um ângulo de inclinação do eixo central longitudinal de cada coluna metálica em relação ao eixo vertical da torre está entre -1,7 e +1,7 graus, e a altura da dita torre treliçada é maior do que 60 metros, uma pluralidade de membros de contraventamento e membros de contraventamento auxiliares e uma plataforma de suporte disposta em uma porção de topo da torre.

WO 2014/117231 A1

DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicado:

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

"TORRE TRELIÇADA"

CAMPO TÉCNICO

Esta invenção refere-se a estruturas verticais para atuar sob condições de cargas elevadas, mais particularmente torres treliçadas utilizadas para turbinas eólicas e outras aplicações.

ESTADO DA TÉCNICA

Estruturas verticais para suportar cargas elevadas, tais como torres ou semelhantes utilizadas para suportar turbinas eólicas, linhas de transmissão de energia e outras aplicações, já são bem conhecidas no estado da técnica. Os projetos estruturais, componentes e materiais de tais estruturas verticais variam dependendo da aplicação.

Um tipo de estrutura vertical que tem recebido atenção especial nas últimas décadas são as estruturas verticais para turbinas eólicas ou outras cargas elevadas.

A energia eólica se tornou uma fonte de energia muito atraente, tanto devido a um aumento na eficiência dos geradores quanto a um aumento na demanda do mercado para fontes limpas e renováveis de energia. O aumento da eficácia dos geradores de energia eólica está relacionado com um grande esforço na melhoria de vários aspectos da tecnologia, incluindo muitos problemas relacionados com a concepção e fabrico dos componentes do gerador de energia eólica, incluindo, entre outras, as pás do rotor, o gerador elétrico, a torre e os sistemas de controle.

A maioria das turbinas eólicas utilizadas em aplicações de megawatts, variam, hoje em dia, na faixa de cerca de 1 MW a 5 MW, possuem uma turbina eólica configurada com eixo horizontal (HAWT) com um rotor principal e um gerador elétrico no topo de uma torre, e o eixo do rotor direcionado ao fluxo do vento com três pás posicionados a barlavento.

A principal vantagem do desenho barlavento é evitar a sombra do vento e a consequente turbulência na parte de trás da torre. Atualmente, a maioria das turbinas eólicas de larga escala adota a configuração barlavento, no entanto, esta concepção tem várias desvantagens, tais como a necessidade de uma folga entre a torre e as pás devido à flexão das pás, e a necessidade de um mecanismo de giro para manter o rotor de frente para o vento. O mecanismo de giro geralmente tem um sensor de vento ligado por um controlador eletrônico para um mecanismo de desvio de direção, o qual inclui um ou mais motores hidráulicos ou elétricos e

uma caixa de engrenagens grande para aumentar o torque, bem como um rolamento para giro. O mecanismo de giro fornece uma ligação rotativa entre a torre e a nacele da turbina eólica. O mecanismo de giro geralmente inclui componentes adicionais, tais como os freios que trabalham em cooperação com os motores hidráulicos ou elétricos, a fim de evitar o desgaste e excessivas cargas de fadiga em componentes da turbina eólica, devido à folga durante a orientação do rotor de acordo com a direção do vento. Como a turbina eólica terá geralmente os cabos de descida que conduzem a corrente elétrica do gerador elétrico, passando através da torre, para baixo, o cabo pode ser torcido devido à rotação do mecanismo de giro. Portanto, a turbina eólica pode ser equipada com um contador de torção do cabo que está associado com o controlador eletrônico do mecanismo de giro, a fim de determinar a necessidade de destorção do cabo pelo mecanismo de giro.

A configuração sotavento, na qual o rotor é posicionado no lado oposto do qual sopra o vento na torre, em princípio, evitaria a necessidade de um mecanismo de giro, se o rotor e a nacele tem uma configuração adequada que faz com que a nacele siga o vento de forma passiva, utilizando a força do vento a fim de ajustar naturalmente a orientação da turbina eólica em relação ao vento. Esta vantagem teórica é duvidosa em turbinas eólicas de megawatts elevados porque geralmente permanece uma necessidade de destorcer os cabos se o rotor gira continuamente na mesma direção. Além disso, existem problemas mecânicos, tais como a fadiga dos componentes devido a fortes cargas resultantes das alterações súbitas da direção do vento. No entanto, a configuração à sotavento apresenta ainda uma vantagem importante em relação à dinâmica estrutural da máquina, permitindo um melhor balanceamento do rotor e da torre. No caso de rotores de turbinas eólicas maiores, hoje em dia, podendo ter um diâmetro atingindo cerca de 120 metros (cerca de 393,6 pés) ou mais, a obtenção de uma maior flexibilidade na configuração das pás do rotor é essencial.

No entanto, o aumento do diâmetro rotor envolve geralmente rotores mais pesados e o aumento da altura da torre, consequentemente pode envolver a utilização de material adicional, por exemplo, de aço, para a fabricação da torre.

Assim, como uma torre geralmente representa cerca de 15% a 30% do custo do gerador de energia eólica, existe uma grande necessidade de se obter torres mais altas e mais robustas, a custos mais baixos.

A maioria das grandes turbinas eólicas fabricadas nas duas últimas décadas, com uma potência de saída maior que 1 (um) megawatt adotam torres tubulares de aço, geralmente referidas como "torres monotubulares", como a escolha preferida. As torres monotubulares são geralmente cônicas a partir da base para o topo, possuindo módulos (ligados em conjunto com flanges aparafusadas. Uma restrição relacionada com torres monotubulares são as limitações de transporte rodoviário que restringem o diâmetro dos segmentos. Por exemplo, os segmentos tubulares com diâmetros superiores a cerca de 4 metros (cerca de 13 pés) não poderiam ser transportados em estradas em muitos países.

Torres metálicas treliçadas geralmente precisam de menos materiais (por exemplo, menos de aço) do que torres monotubulares, mas requerem um maior número de componentes e conexões parafusadas. Estas ligações parafusadas estão sujeitas a cargas de fadiga que variam, por isso, têm a desvantagem de maior necessidade de manutenção.

PROBLEMA TÉCNICO

Um problema técnico específico referente às estruturas verticais, tais como torres ou semelhantes, utilizadas para suportar cargas elevadas, tais como grandes geradores de turbinas eólicas, é a falta de um balanço entre a distribuição de tensão e deformação dos vetores verticais e horizontais de cargas ao longo da extensão da estrutura vertical. Devido a esta falta de balanceamento, os segmentos de torre são projetados com perdas significativas de materiais em alguns segmentos ou com montagens que resultam em complexas exigências de transporte, fabricação e instalações. Outros problemas a serem considerados são as baixas frequências naturais nos modos de flexão e torção, e o nível de vibração e trepidação que o vento causa na torre.

Da mesma forma, independentemente da configuração a barlavento ou sotavento, se o eixo do rotor não é substancialmente posicionado na direção do fluxo do vento existe um ângulo de erro chamado de erro de giro, fazendo com que fração da energia do vento que flui através da zona de rotor seja menor. Em geral, a fração de energia perdida é proporcional ao coseno do erro de ângulo de giro. Além disso, o erro de giro provoca um maior momento fletor na parte do rotor que está mais próximo da fonte do vento, resultando em uma tendência do rotor girar contra o vento e as pás de fletir para trás e para frente em uma direção horizontal ("flapwise" ou "flatwise") à cada volta do rotor. Portanto, por um lado, o alinhamento

adequado do rotor da turbina eólica em relação ao vento é essencial para a obtenção de bom desempenho de extração de energia do vento, e baixo desgaste dos componentes da turbina eólica, enquanto que, por outro lado, há uma necessidade de um mecanismo de giro de baixo custo com as vantagens da configuração a sotavento.

SOLUÇÃO TÉCNICA

Para superar as desvantagens e os problemas descritos acima e outras desvantagens não mencionadas aqui, de acordo com os propósitos da invenção, tal como descrito daqui em diante, um aspecto básico da presente invenção é direcionada a uma torre treliçada para atuar sob condições de cargas elevadas.

EFEITOS VANTAJOSOS

A presente invenção tem várias vantagens sobre a técnica anterior. Em comparação com as estruturas verticais da técnica anterior, a presente invenção permite uma redução surpreendente no peso da estrutura metálica de cerca de 40%, dependendo dos requisitos de projeto do caso. Uma das razões para tal redução significativa no peso total da estrutura é que cada coluna da estrutura vertical tem um comportamento de tensão e deformação semelhante a uma torre monotubular, sem ter as restrições a diâmetros maiores das estruturas verticais de torres monotubulares individuais. A redução do peso da estrutura metálica é acompanhada por uma redução vantajosa dos custos totais da estrutura, incluindo os custos de transporte, fabrico e instalação.

A vantagem da redução de peso é acompanhada por vantagens na fabricação, no transporte e na instalação, bem como a disponibilidade de uma nova classe de estruturas verticais para aplicações elevadas e críticas, tais como turbinas de energia eólica com uma potência superior a 3 MW com torres superiores a 100 metros (maiores que 328 pés).

Além disso, outro aspecto de um modo de execução da invenção permite o alinhamento vertical e horizontal do rotor, sem necessidade constante de forçar completamente o mecanismo de giro, e ao mesmo tempo absorvendo e fornecendo um efeito de amortecimento para rajadas de ventos ou ventos extremos.

Além disso, outro aspecto de um modo de execução da invenção fornece uma plataforma larga em relação ao tamanho de uma nacele padrão que permite a utilização de uma torre de concepção alternativa com pouca sombra de vento e

turbulência para aplicação a sotavento, resultando uma flexibilidade importante para a concepção das pás, reduzindo substancialmente os custos e melhorando o desempenho.

DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Os aspectos acima mencionados e outros exemplos e/ou vantagens irão tornar-se mais aparentes pela descrição em detalhe dos exemplos de formas de execução com referência aos desenhos anexos, que não estão, necessariamente, desenhados em escala. Nos desenhos, alguns componentes idênticos ou praticamente idênticos que estão ilustrados nas diferentes figuras podem ser representados por um número correspondente. Para fins de clareza, nem todos os componentes podem ser referenciados em cada desenho.

A Fig. 1 mostra uma vista em perspectiva de um exemplar de uma torre treliçada para suporte de cargas de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 2A é uma vista lateral de um exemplar de uma torre treliçada de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 2B é uma vista parcial detalhada da inclinação dos ângulos β_1 e β_2 das diagonais em relação ao eixo central de cada uma das colunas da torre treliçada, de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 3A é uma vista superior de uma torre treliçada, de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 3B é uma vista inferior de uma torre treliçada, de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 4 é uma vista parcial esquemática exagerada da conicidades das colunas e da inclinação entre os eixos centrais longitudinais e o eixo vertical da torre, de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 5A é uma vista lateral de um exemplo de uma torre treliçada de acordo com um modo de execução da presente invenção, que serve de referência para mostrar as diferentes configurações das seções transversais das colunas da torre, ao longo da altura H.

A Fig. 5B é uma vista em uma seção transversal da coluna ao longo do comprimento da terceira parte da torre treliçada (com inclinação e conicidade exageradas, bem como fora de escala), de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 5C é uma vista esquemática parcial da coluna ao longo do comprimento da terceira parte da torre treliçada (com inclinação e conicidade exageradas, fora de escala, bem como fora de escala), de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 5D é uma vista em uma seção transversal da coluna ao longo do comprimento da segunda porção da torre treliçada (com inclinação e conicidade ampliadas, bem como fora de escala), de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 5E é uma vista esquemática parcial da coluna ao longo do comprimento da segunda porção da torre treliçada (com inclinação e conicidade exageradas, bem como fora de escala), de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 5F é uma vista em uma seção da coluna ao longo do comprimento da primeira porção da torre treliçada (com inclinação e conicidade ampliadas, bem como fora de escala), de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 5G é uma vista esquemática parcial da coluna ao longo do comprimento da primeira porção da torre treliçada (com inclinação e conicidade exageradas, bem como fora de escala), de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 6A é uma vista de uma forma de seção transversal poligonal exemplar, de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 6B é uma vista de uma seção transversal de um perfil de canal com alma reduzida e carenagem de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 7 é uma vista detalhada de um exemplo de conexão dos módulos da torre treliçada, de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 8 é uma vista em perspectiva da plataforma de suporte com a interface tubular interna para executar função semelhante à técnica atual para naceles alongadas, de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 9 é uma vista lateral da plataforma de suporte com a interface tubular interna, de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 10 é uma vista frontal da plataforma de suporte com a interface tubular interna, de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 11 é uma vista posterior da plataforma de suporte com a interface

tubular interna, de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 12 é uma vista superior da plataforma de suporte, com a interface interior tubular para passagem de cabos de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 13A é uma vista em perspectiva de um exemplo de uma torre treliçada com plataforma de suporte, com interface tubular interna relacionada com uma turbina de energia eólica, de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 13B é também uma vista em perspectiva do modelo sólido de um exemplo de uma torre treliçada com plataforma de suporte, com interface tubular interna relacionada com uma turbina de energia eólica, de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 14 é uma vista frontal de um exemplo de uma torre treliçada com plataforma de suporte com interface tubular interna relacionada com uma turbina de energia eólica, de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 15A é uma vista lateral de um exemplo de um modo de execução da presente invenção, em que a carga é uma turbina com nacele alongada montada a barlavento.

A Fig. 15B é uma vista lateral de um exemplo de um modo de execução da presente invenção, em que a carga é uma turbina com nacele alongada montada a sotavento.

A Fig. 16A é uma vista lateral de um exemplo de um modo de execução da presente invenção, em que a carga é uma turbina com nacele alongada a barlavento.

A Fig. 16B é uma vista lateral de um exemplo de um modo de execução da presente invenção, em que a carga é uma turbina com nacele alongada a sotavento.

A Fig. 17A é uma vista superior de um exemplo de um modo de execução da presente invenção, em que a carga é uma turbina com nacele alongada montada a barlavento.

A Fig. 17B é uma vista superior de um exemplo de um modo de execução da presente invenção, em que a carga é uma turbina com nacele alongada montada a barlavento, rotacionada em 90° em relação a configuração da Fig. 17A.

A Fig. 17C é uma vista superior de um exemplo de um modo de execução da presente invenção, em que a carga é uma turbina com nacele alongada montada a barlavento, rotacionada em 180º em relação a configuração da Fig. 17A.

A Fig. 18A é uma vista superior de um exemplo de um modo de execução da presente invenção, em que a carga é uma turbina com nacele alongada montada a barlavento.

A Fig. 18B é uma vista superior de um exemplo de um modo de execução da presente invenção, em que a carga é uma turbina com nacele alongada montada a barlavento, rotacionada em 90º em relação a configuração da Fig. 18A.

A Fig. 18C é uma vista superior de um exemplo de um modo de execução da presente invenção, em que a carga é uma turbina com nacele alongada montada a barlavento, rotacionada em 180º em relação a configuração da Fig. 18A.

As Fig. 19A e 19B mostram a Tabela I que corresponde à planilha de cálculo do dimensionamento de uma torre somente em aço de acordo com um modo de execução da presente invenção.

As Figs. 20A e 20B mostram a Tabela II, que corresponde à planilha de cálculo do dimensionamento de uma torre em aço reforçado com concreto de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 21 apresenta na Tabela III o resumo da comparação entre três torres: a torre monotubular, a torre treliçada em aço e a torre treliçada em aço concretado.

A Fig. 22 é uma vista frontal de outro exemplo de uma plataforma de suporte representada como uma estrutura de suporte de giro de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 23 é uma vista em perspectiva de outro exemplo de uma plataforma de suporte representada como uma estrutura de suporte de giro de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 24 é uma vista superior de outro exemplo de uma plataforma de suporte representada como uma estrutura de suporte de giro de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 25 é uma vista superior detalhada de outro exemplo de uma plataforma de suporte representada como uma estrutura de suporte de giro de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 26 é uma vista lateral de outro exemplo de uma plataforma de suporte representada como uma estrutura de suporte de giro de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 27 é uma vista em perspectiva de outro exemplo de uma plataforma de suporte representada como uma estrutura de suporte com duas interfaces de giro de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 28 é uma vista superior de outro exemplo de uma plataforma de suporte representada como uma estrutura de suporte com duas interfaces de giro de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 29 é uma vista superior detalhada de outro exemplo de uma plataforma de suporte representada como uma estrutura de suporte com duas interfaces de giro de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 30 é uma vista lateral de outro exemplo de uma plataforma de suporte representada como uma estrutura de suporte com duas interfaces de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 31 é uma vista em perspectiva de outro exemplo de uma plataforma de suporte representada como uma estrutura com duas interfaces de acordo com um modo de execução da presente invenção.

A Fig. 32 é uma vista superior de um exemplo de uma plataforma de suporte mostrando a conexão da plataforma de suporte de giro no topo da torre treliçada por membros de contraventamento.

EXPLICAÇÕES DAS LETRAS E NUMERAIS

Numerais	Explicação dos numerais
10	Torre treliçada
11	Colunas metálicas
12	Eixo vertical da torre
13	Membros de contraventamento
13a	Membros de contraventamento auxiliares
14	Plataforma de suporte
16	Eixo longitudinal central
17a	Porção de topo (da torre treliçada montada)
17b	Porção de base (da torre treliçada montada)
18	Flange de ligação
20	Módulo

21a Primeira porção
21b Primeiras colunas
22a Segunda porção
22b Segundas colunas
23a Terceira porção
23b Terceiras colunas
24 Distância de folga a barlavento
25 Distância de folga a sotavento
26 Canal com alma reduzida
27 Carenagem oblonga
30a Uma seção frusto-cônica da primeira coluna
30b Porção de base da primeira coluna
30c Porção de topo da primeira coluna
31a Uma seção frusto-cônica da terceira coluna
31b Porção de topo da terceira coluna
31c Porção de base da terceira coluna
40 Plataforma de suporte com interface tubular interna
41 Coluna de plataforma
42 Interface tubular interna
43 Estrutura de suporte do mecanismo de giro
44 Pás de rotor
45 Gerador elétrico
46 Corpo
47 Superfície superior
48 Superfície inferior
49 Pista circular
50 Mecanismo de giro
51 Primeiro eixo que é perpendicular à superfície superior da plataforma
52 Longarina de plataforma de suporte da turbina
53 Primeira extremidade da estrutura de plataforma de suporte da turbina
54 Segunda extremidade da estrutura de plataforma de suporte da turbina
55 Segundo eixo que é perpendicular ao primeiro eixo

56 Turbina de energia eólica com nacele alongada
57 Atuador de giro
58 Rodas
58a Elemento amortecedor
60 Direção e sentido do vento
61 Interface
61a Segunda Interface
63 Caixa de engrenagens
64 Passagem para cabos
65 Eixo (Shaft)
66 Mancal de inclinação

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

MODOS DA INVENÇÃO

A seguir, modos de execução exemplificativos serão descritos com referência aos desenhos em anexo. Os números de referência dos desenhos indicam elementos semelhantes. Enquanto modos de execução exemplar são aqui descritos, eles não devem ser interpretados como sendo limitados às descrições específicas aqui estabelecidas, em vez disso, estes modos de execução são fornecidos para que esta descrição seja minuciosa e completa. Nos desenhos, os tamanhos dos componentes podem ser exagerados ou menores, para fins de clareza.

A fraseologia e terminologia aqui utilizada possuem o propósito de descrição e não devem ser considerados como limitativos. O uso do termo "incluindo", "compreendendo", "tendo", "contendo", ou "envolvendo", e variações dos mesmos utilizados na presente descrição, destinam-se a englobar os itens listados em seguida e seus equivalentes, assim como artigos adicionais. As dimensões tal como relatadas aqui são dimensões meramente exemplificativas e outras podem ser usadas em conjunção com as formas de execução exemplar, tal como seria entendido por um técnico no assunto.

A Fig. 1, que está em escala aproximada, mostra uma vista em perspectiva exemplificativa de uma torre treliçada 10, maior do que 60 metros (cerca de 197 pés), de acordo com um modo de execução da presente invenção. A torre treliçada 10 é formada por três colunas metálicas 11, configuradas em cascas metálicas, que têm o seu eixo longitudinal central 16 inclinado em relação ao eixo vertical 12

da torre treliçada 10. Na fundação, na porção de base 17b, as três colunas metálicas 11 estão dispostas em uma configuração triangular em torno do eixo vertical 12 da torre treliçada 10, a uma distância superior a 4 metros medidos entre os centros 16 de cada coluna da torre treliçada 10. As colunas metálicas 11 têm uma seção transversal substancialmente circular e fechada e estão ligadas umas as outras ao longo da altura da torre treliçada 10 por uma pluralidade de membros de contraventamento 13 e membros de contraventamento auxiliares 13a, que estão dispostos na diagonal e na horizontal, respectivamente. Uma plataforma de suporte 14 está disposta na porção de topo 17a da torre treliçada 10 servindo como uma interface para suportar cargas como turbinas eólicas, linhas de transmissão de energia elétrica, sistemas de telecomunicações e outras aplicações.

A Fig. 2A é uma vista lateral de um exemplo de uma forma de execução da presente invenção, que mostra a silhueta (o perfil vertical) da torre treliçada 10, em que as colunas metálicas 11 estão divididas em três porções: uma primeira porção 21a, uma segunda porção 22a e uma terceira porção 23a. A primeira porção 21a e a terceira porção 23a têm formatos de dois troncos de cones invertidos, que são ligados entre si, na sua extremidade mais estreita, pela segunda porção 22a que tem uma forma cilíndrica de diâmetro menor. Todas as partes estão alinhadas através de seu eixo longitudinal central 16.

A Fig. 2A mostra também uma pluralidade de membros de contraventamento 13 e membros de contraventamento auxiliares 13a, dispostos na diagonal e na horizontal, respectivamente, e são ligados às colunas metálicas 11 da torre treliçada 10, em intervalos regulares ao longo do comprimento das colunas metálicas 11, que tem a função de fornecer resistência a lateral e/ou deslocamento rotativo com o objetivo de enrijecer a torre treliçada 10. A construção de tais membros de contraventamento 13, especialmente as diagonais que são construídas no interior da torre treliçada 10 dispostas em forma de "X", é feita em uma configuração inclinada num ângulo β_1 e β_2 em relação ao eixo longitudinal central 16 de cada coluna metálica 11, como representado na Fig. 2B. Apesar de os ângulos β_1 e β_2 não serem necessariamente idênticos e poderem variar conforme a posição das diagonais ao longo da altura da torre treliçada 10, ditos ângulos possuem valores entre cerca de 30 a 60 graus, de preferência próximo de 45 graus. A vista lateral representada na Fig. 2A, também ilustra as três colunas

metálicas 11 da torre treliçada 10, em que as colunas metálicas estão divididas em três porções ao longo de seu comprimento, cada porção formada preferencialmente por pelo menos um módulo 20. Esta divisão está de acordo com a montagem da torre, considerando suas porções de troncos de cone invertidos e as porções cilíndricas, assim como se destina a proporcionar uma melhor compreensão da sua função que o projeto pretende, tal como anteriormente descrito.

A primeira porção 21a é formada por três primeiras colunas 21b, a segunda porção 22a que é formada pelas segundas colunas 22b, cada segunda coluna 22b, de preferência, está linearmente alinhada e acoplada a uma correspondente primeira coluna 21b da primeira porção 21a. A terceira porção 23a compreende três terceiras colunas 23b, cada terceira coluna 23b, de preferência, está linearmente alinhada e ligada a uma coluna 22b correspondente da segunda porção 22a.

A Fig. 3A é uma vista superior de uma torre treliçada, de acordo com um modo de execução da presente invenção que ajuda a compreender o formato das três colunas metálicas 11 tendo formatos de dois troncos de cones invertidos, que são ligados entre si, nas suas extremidades.

Como representado na Fig. 3B, as três colunas metálicas 11 estão dispostas simetricamente em ângulos iguais em torno de um eixo vertical da torre 12 e com distâncias "d" iguais entre si, em uma configuração triangular, preferencialmente em uma configuração equilátera. Eventualmente, pequenas variações devidas ao dimensionamento e tolerâncias geométricas devem ser consideradas para a montagem, por exemplo, devido a fabricação, terrenos e limitações de fundação. A distância "d" entre os eixos longitudinais centrais 16 de cada uma das colunas na porção inferior 17b da base da torre treliçada, quando fixada ao solo, é superior a 4 metros (cerca de 13,12 pés).

A Fig. 4 é uma vista esquemática parcial da inclinação entre o eixo central longitudinal e do eixo vertical da torre, de acordo com um modo de execução da presente invenção. A escala desta vista foi exagerada para possibilitar maior clareza. No exemplo, o eixo longitudinal central 16 de cada coluna metálica 11 pode ser inclinado até um ângulo (θ) de 1,7 graus em relação ao eixo vertical da torre treliçada 10 e em torno do eixo longitudinal central 16, de acordo com as

características de carga a que se destina, como turbinas eólicas, linhas de transmissão de energia elétrica e outras aplicações.

Além disso, a torre treliçada 10 é configurada para proporcionar um aspecto geral do perfil vertical (silhueta), que em uma escala exagerada, a teria uma forma de ampulheta que define a porção inferior da torre relativamente larga na sua extremidade inferior (distância "Ab", na porção de base 17b) e relativamente estreita na sua extremidade superior (distância "At", na porção de topo 17a), como representado na Fig. 4, mas, de fato, em uma escala verdadeira, o aspecto geral do perfil vertical (silhueta) parece ser linearmente vertical com ângulos retos. Além disso, como representado na Fig 4, a distância "At" é, de preferência, menor do que a distância "Ab".

A configuração da torre mostrada na Fig. 4 é adequada para assegurar uma distribuição adequada dos esforços que são causados pelo carregamento da torre treliçada 10 uma vez que este tipo de silhueta permite reforçar as terceiras porções 23a das colunas metálicas 11 com diâmetros e espessuras maiores do que normalmente se encontra no estado da técnica. Além disso, esta configuração permite um duplo efeito, em termos de estrutura, uma vez que aumenta a resistência e a freqüência natural da torre e, ao mesmo tempo reduz os custos para seu fabrico, transporte e instalação. Além disso, as porções 22a e 23a, como representado na Fig. 2A, são especialmente adequadas para reduzir a turbulência aerodinâmica na região em que as pás do rotor passam, o que permite a utilização de uma configuração a sotavento, como mostrado na Fig. 16B. A configuração a sotavento, como mostrado na Fig.16B, é muito vantajosa porque a folga 24 não é problema porque as pás 44 se fletem se distanciando a torre treliçada 10 nessa condição de vento.

No caso da concepção barlavento, como mostrado na Fig.15A, como a torre é muito mais resistente do que as torres convencionais, é possível aumentar a distância de folga a barlavento 24 reduzindo-se a probabilidade de uma pá do rotor golpear a torre.

A concepção da torre treliçada 10 é feita para suportar cargas dinâmicas na plataforma de suporte 14 na porção de topo 17a da torre treliçada 10 fazendo com que as forças e momentos de reação na porção de base 17b da torre treliçada 10, sejam superiores a 10 (dez) vezes maiores que as forças e momentos de reação causada por cargas decorrente do vento sobre a própria torre treliçada 10.

Para referência e como um exemplo de uma carga, uma turbina eólica de grande escala disponível comercialmente com potência nominal de 7,58 MW tem um peso aproximado de fundação da torre em cerca de 2.500 toneladas, a própria torre 2.800 toneladas, a carcaça da máquina em 128 toneladas, o gerador 220 toneladas, e o rotor (incluindo a pá) 364 toneladas. Deste modo, as cargas dinâmicas sobre a plataforma de suporte causada pelo gerador e rotor são muito maiores do que as cargas de vento máximas impostas na própria torre. Normalmente, uma torre para suportar apenas antenas padrões de telecomunicação seriam sujeitas a cargas completamente diferentes, porque nesse caso as cargas de vento na torre são geralmente mais elevadas do que as cargas causadas pelas antenas de telecomunicação na parte superior da torre.

As colunas metálicas 11 são concebidas em porções cônicas truncadas na primeira porção 21a e na terceira porção 23a, e em porções cilíndricas na segunda porção 22a, de modo que a variação do diâmetro permanece constante ao longo do comprimento das colunas metálicas 11 evitando-se descontinuidades que podem causar zonas de concentração de tensões, que podem também provocar bolhas de ar durante a concretagem, no caso de combinações que adotam diferentes materiais na construção para as colunas metálicas 11.

Além disso, a conicidade do envoltório do eixo da coluna da torre treliçada 10 é preferencialmente constante e também pode ser ajustada a fim de compensar a conicidade variável das colunas metálicas 11, resultando em membros de contraventamento 13 que são idênticos, com o mesmo comprimento, diâmetro e espessura ao longo de toda a altura da torre treliçada 10. Esta possibilidade permite padronizar o comprimento de tais membros de contraventamento, reduzindo os custos da sua produção e facilitando a montagem no local, uma vez que, entre outras vantagens, não será necessário numerá-los.

A Fig. 5A é uma vista lateral de um exemplo de uma torre treliçada 10 de acordo com um modo de execução da presente invenção, servindo de referência para mostrar de forma esquemática as diferentes configurações das seções transversais das colunas da torre, ao longo da altura H. No exemplo de modo de execução, o diâmetro exterior "D" de espessura "t" e razão (D / t) de cada coluna metálica 11 é maior do que 30.

As Figs. 5B, 5D e 5F são vistas de seção transversal das colunas metálicas (11) ao longo do comprimento das porções da torre treliçada 10, ditas seções

transversais são fechadas, de acordo com um modo de execução da presente invenção.

Como mostrado nas Figs. 5B e 5C, esquematicamente adaptado, preferencialmente uma das terceiras colunas 23b tem também uma forma tronco-cônica da seção transversal 31a e uma porção de topo 31b, e pelo menos uma terceira coluna 23b tem um diâmetro maior na porção de topo 31b do que a porção de base 31c.

A segunda porção 22a é formada por segundas colunas 22b que possuem uma estrutura cilíndrica, como representado esquematicamente nas Figs. 5D e 5E. Assim, o diâmetro de cada uma das respectivas terceiras colunas 23b da terceira porção 23a é maior do que o diâmetro de cada uma das respectivas segundas colunas 22b da segunda porção 22a.

Além disso, como se mostra esquematicamente nas Figs. 5F e 5G preferencialmente, pelo menos, uma das primeiras colunas 21b tem uma seção transversal em forma tronco-cônica 30a e a porção de base 30b de pelo menos uma primeira coluna 21b tem um diâmetro maior do que a porção de topo 31b.

Preferencialmente, as colunas metálicas 11 tem uma seção transversal circular como mostrado nas Figs. 5B, 5D e 5F. Alternativamente, as colunas metálicas 11 podem igualmente ser concebidas de uma forma que tenham, por exemplo, uma forma de seção transversal poligonal, em uma carenagem aerodinâmica, como representado na Fig. 6A, desde que a forma tronco-cônica seja mantida.

A forma de seção transversal poligonal é mostrada na Fig. 6A como sendo, preferencialmente, pelo menos um dodecágono, mas entende-se que ela pode ser formada em outras formas poligonais, tais como uma tridecágono, tetradecágono, e assim por diante, de acordo com a construção adequada.

A Fig. 6B ilustra outro exemplo de modo de execução da forma da seção transversal, utilizado preferencialmente como perfil para os membros de contraventamento 13 e membros de contraventamento auxiliares 13a, em que uma seção de canal com alma reduzida 26 está coberta por uma carenagem com um perfil aerodinâmico oblongo 27, como representado na Fig. 6B. A função da carenagem é para cobrir a seção de perfil, para que a dita seção de perfil fique fechada, melhorando o comportamento aerodinâmico do perfil metálico com um material de baixo custo e de fácil formação, tais como polímeros, materiais

compósitos e outros materiais. A carenagem tem a intenção de minimizar a turbulência causada pelo vento e pode ser concebido, alternativamente, como exemplo, com outros formatos aerodinâmicos adequados, que podem incluir também cavidades ou ondas (não mostrado na Fig. 6B) sobre a superfície para gerar correntes pequenas sobre as quais o ar pode fluir sem problemas, reduzindo a turbulência e melhorando o desempenho aerodinâmico.

Além do material metálico aplicado para a construção das referidas colunas metálicas 11, por exemplo, aço, podem também ser construídas com materiais metálicos associados com materiais compósitos, ou material compósito, com concreto armado, ou materiais compósitos com concreto armado confinado, ou combinações dos mesmos; por exemplo, as colunas metálicas 11 podem ser preenchidas com concreto armado para o reforço da estrutura. À medida que as estruturas verticais para as aplicações preferenciais tais como geradores de energia eólica, são geralmente muito altas, por exemplo, superior a 60 metros, cada coluna metálica 11 será normalmente fabricada em segmentos separados que sejam unidos em conjunto durante a instalação no local. Isto significa uma combinação de materiais ao longo do comprimento da torre treliçada 10, como, por exemplo, e não se limitando a isso: a primeira porção 21a fabricada em conjunto com concreto protendido, a segunda porção 22a fabricada em conjunto com concreto armado com concreto reforçado e as terceira porção 23a fabricada usando em conjunto com materiais compósitos, ou outras combinações adequadas de materiais.

Como exemplo de uma forma de execução da presente invenção, o acoplamento entre as porções 21a, 22a e 23a, bem como entre os módulos 20 de cada respectiva porção é feita através de flanges de ligação 18, como representado na Fig. 7.

Os membros de contraventamento 13 e os membros de contraventamento auxiliares 13a são, preferencialmente, de forma cilíndrica, ou com seções de canal (U) com carenagem oblonga e com comprimento substancialmente semelhante ou iguais ao longo de toda a altura da torre treliçada 10, pois a maior quantidade de partes iguais reduz os custos de fabricação e facilita a montagem.

Embora o técnico no assunto geralmente adote para os membros de contraventamento e as barras horizontais as seções padrão comumente usados para o propósito de construir torres treliçadas, eles podem ser vantajosamente

substituídos por membros de contraventamento 13 e membros de contraventamento auxiliares 13a tendo pelo menos uma seção de canal em que o comprimento da alma do canal é menor do que o comprimento das abas do canal como aqueles descritos na WO 2010/076606A1, cuja especificação é aqui incorporada por referência.

Por conseguinte, os membros de contraventamento 13 ou os membros de contraventamento auxiliares 13a podem ser construídos com uma seção transversal fechada, ou utilizando um material composto, ou por meio de um membro de contraventamento metálico reforçado com um material composto, ou membro de contraventamento metálico com seção transversal fechada preenchido com concreto, ou outras combinações adequadas do mesmo.

O exemplo do modo de execução mostrado nas Figs. 8 a 12 ilustram como a carga, no caso de uma turbina eólica, pode ser suportada no topo da referida torre treliçada 10 através de uma plataforma de suporte com interface interna tubular 40, que é, por sua vez, acoplada à estrutura da torre treliçada 10 por cada uma das colunas de plataforma 41 com cada respectiva terceira coluna 23b da terceira porção 23a.

A plataforma de suporte com a interface tubular interior 40 é formada por três colunas de plataforma 41, cada uma das colunas de plataforma acoplada a respectiva terceira coluna 23b da terceira porção 23a e uma interface tubular interna 42 acoplada com as três colunas de plataforma 41, conforme representado nas Figs. 8 a 12. No caso do suporte de uma turbina eólica, a interface tubular interna é formada por um tubo de aço e é fixado no suporte para permitir a ligação com a nacele, utilizando o estado da arte em termos de fixação de naceles.

No exemplo da forma de execução mostrado nas Figs. 13A e 13B, uma turbina de energia eólica com nacele alongada 56 é acoplada à torre treliçada 10, na sua parte superior. Assim, como a torre treliçada proporciona menor sombra ao vento do que uma torre de aço tubular (monopole), a referida torre treliçada pode ser disposta em uma configuração a barlavento ou a sotavento, de acordo com a direção do vento 60 e, dependendo da aplicação adequada ou construção, como representado respectivamente nas Figs. 14 a 18C.

Para fins ilustrativos e exemplificativos, não limitando o presente invento, as Figs. 19A e 19B mostram a Tabela I, que é uma planilha de cálculo do dimensionamento de um modo de execução exemplificativo da torre treliçada 10

com 138 metros de altura (cerca de 453 pés), utilizando-se apenas de colunas metálicas e os membros de contraventamento sem um reforço em material compósito. A planilha de cálculo de dimensionamento mostra as dimensões essenciais da estrutura do exemplo de torre treliçada 10 a partir da quantidade de módulos 20, bem como a sua altura em que os módulos 20 são conectados entre si formando a altura da torre treliçada 10.

As Figs. 20A e 20B mostram a Tabela II, que é também uma planilha de cálculo de dimensionamento de um exemplo de um modo de execução da torre treliçada 10, que possui 138 m de altura (cerca de 453 pés), em que as colunas e membros de contraventamento incluem concreto armado.

Nos modos de execução descritos nas Tabelas I e II das Figs. 19A, 19B, 20A e 20B, os eixos longitudinais centrais 16 das colunas metálicas 11 estão inclinados a menos de 0,35 graus em relação ao eixo vertical da torre 12. As colunas metálicas 11 têm conicidade variável, cujo diâmetro começa com 1 m (cerca de 3,281 pés) na base diminuindo para 0,510 m (cerca de 1,673 pés) em 84 m de altura (cerca de 275,5 pés) (relativa à primeira porção 21a já mostrada na Fig. 2A.); mantém-se o diâmetro com 0,510 m (cerca de 1,673 pés) até a altura de 120 metros (cerca de 393,6 pés) (relativa à segunda porção 22a cilíndrica já mostrada na FIG. 2A). Posteriormente, a conicidade das colunas metálicas 11 tem o mesmo valor que a primeira porção 21a, mas de uma maneira invertida, e o diâmetro das colunas metálicas 11 aumenta para 0,598 m (cerca de 1,960 pés) na parte superior da torre treliçada 10 em 138 m de altura (cerca de 452,6 pés).

As espessuras dos módulos de coluna 20 são as normalmente disponíveis nos padrões de mercado. A espessura dos membros de contraventamento 13 e dos membros de contraventametno auxiliares foram calculadas para resistir a tensões sobre a porção da base 17b da torre treliçada 10. Os sistemas de ligações dos membros de contraventamento 13 e dos membros de contraventamento auxiliares 13a com as colunas metálicas 11 da torre treliçada 10, bem como as ligações entre si, são feitos de aço e pesam cerca de 9,7 toneladas.

No exemplo de modo de execução mostrado na Fig. 13A, a torre treliçada 10 tem cerca de 0,19 graus de conicidade para compensar a conicidade variável das colunas metálicas 11. A conicidade da torre treliçada 10 é constante ao longo de seu eixo vertical 12, e o eixo longitudinal central 16 das colunas é linear e

concêntrico aos eixos das porções 21a, 22a e 23a, para não gerar pontos de concentração de tensões.

Portanto, devido à forma da torre treliçada 10, bem como o desempenho estrutural e comportamento é obtida uma redução surpreendente no custo total da estrutura, ao lado do aumento da frequência se comparado com uma torre monotubular padrão, normalmente utilizada para o carregamento de turbinas eólicas, como ilustrado na Tabela III. Os custos foram estimados com uma moeda relativa, cobrindo os custos de materiais, logística, fabricação e mão de obra, não se considerando o custo de transporte especial exigido por componentes de grandes dimensões ou pesos. As colunas metálicas 11, os membros de contraventamento 13 e os membros de contraventamento auxiliares 13a podem ser fabricados com qualquer material metálico adequado, por exemplo, aço. A alta resistência do aço de baixa liga é o preferido, e para a comparação mostrada, as propriedades do aço, preferencialmente utilizados, são as seguintes: tensão de escoamento (f_y) é de cerca de 3806 kgf/cm^2; módulo de Young (E) é de cerca de 2.100.000 kgf/cm^2 e densidade é de cerca de 7.850 kgf/m^3. O concreto usado tem aproximadamente as seguintes propriedades: tensão (f_{ck}) é 510 kgf/cm^2, o módulo de Young (E) é 343.219 kgf/cm^2 e densidade é 2,300 kgf/m^3. A barra de aço incorporada no concreto armado tem aproximadamente as seguintes propriedades: tensão de escoamento (f_y) é de 5.000 kgf/cm^2; módulo de Young (E) é 2.100.000 kgf/cm^2 e a densidade é 7.850 kgf/m^3.

A Fig. 21 mostra a Tabela III, que corresponde a torre treliçada 10, em aço apenas, considerando como referência para a comparação e nomeada aqui como TA1, para turbinas eólicas instaladas em uma altura superior a 60 metros (cerca de 196,8 pés), é de menor custo, de logística mais simples e de melhor espectro de freqüências naturais do que uma torre monotubular, também em aço e denominada aqui como TM1, considerando-se uma resistência equivalente. O custo de fabricação da torre treliçada 10 é reduzido para 1/3 do custo da torre monotubular. Considerando-se uma torre treliçada 10, em que é utilizada uma combinação de materiais, como o aço e concreto armado denominado aqui como TAC1, o custo é reduzido para 1/5 do da torre monotubular TM1, como também representado na Tabela III.

A frequência do primeiro modo aumenta de 0,151 Hz, para a torre monotubular TM1, a 0,297 Hz, para a TA1. A frequência de 0,297 Hz está fora da faixa de frequência das pás do rotor de uma turbina eólica. Para a torre treliçada TAC1 em que é utilizada uma combinação de materiais nas colunas e membros de contraventamento, a frequência aumenta para 0,381Hz. Ela também mostra que, alterando aço por materiais misturados da mesma resistência, por exemplo, concreto armado, o custo do TAC1 diminui ainda mais, ao mesmo tempo em que o espectro de frequências é melhorado. Para a TAC1, a frequência do primeiro modo aumenta a 0,381 Hz e o custo é reduzido em aproximadamente 40% em relação ao custo da TA1.

A Tabela III resume a comparação entre as três tecnologias estudadas. A torre treliçada TAC1 em aço e concreto armado tem as seguintes vantagens:

1) Menor custo: custa cerca de 20% da torre monotubular TM1 e cerca de 61% de uma torre treliçada TA1 somente em aço;

2) Tem freqüência natural de 0,387 Hz, cerca de 28% maior do que a torre treliçada TA1, em aço, e cerca de 152% maior do que a torre monotubular TM1;

3) Transporte é mais simples e de menor custo: o transporte do concreto é de menor custo e pode ser obtido facilmente perto da maioria dos locais de instalação, portanto, o custo mais caro para transporte é para o aço. A torre TAC1 utiliza 99,2 toneladas de aço, tendo em vista o aço usado nas cascas das colunas, bem como para o reforço do concreto e para as flanges. Este valor é de 59% de uma torre de TA1 que tem 167,0 toneladas e é de 25% da massa da torre monotubular TM1, com 402,5 toneladas. Para a torre monotubular TM1 o custo é ainda maior, porque é necessário um sistema de transporte especial para tubos de 4 metros de diâmetro (cerca de 13,123 pés), com 12 a 24 metros de comprimento (cerca de 39,4 a 78,7 pés de comprimento).

A torre treliçada apresenta também um diâmetro equivalente de 1,6 a 1,8 metros (cerca de 5,245 a 5,.905 pés), com um índice de área exposta que varia de 13,5% a 15,5%, na altura da torre alcançada pelo comprimento das pás do rotor. Como também as colunas metálicas 11 da torre são distribuídas ao longo de uma distância de 12 metros (cerca de 39,4 pés) entre os seus eixos longitudinais centrais 16, a turbulência causada pela torre é pequena, o que permite a sua utilização também para configurações a sotavento. Esta configuração é mais crítica na torre tal como monotubulares em aço ou concreto.

O uso de rotor a sotavento traz inúmeras vantagens para a turbina. Nesta condição, o arrasto e a força centrífuga ajuda a reduzir o momento na raiz de pá em cerca de 50%, reduzindo assim na ordem de 50% o peso das pás e do cubo. Assim, é menos peso para ser balanceado na nacele. Por ter um menor momento de inércia, o sistema de controle de azimute é mais leve e de menor custo. Estas e outras vantagens conduzem a uma redução do peso final, no topo da torre, em 30 a 40%. Menos peso em cima implica maiores freqüências naturais, melhorando ainda mais o desempenho da torre em aço e concreto armado. Por conseguinte, por estes efeitos surpreendentes, uma torre significativamente mais econômica é obtida, como é resumido na Tabela III mostrada na Fig. 21.

Além disso, num outro exemplo de forma de execução, como mostrado nas Figs. 23 a 31, a plataforma de suporte com interface tubular interna 40 é alternativamente substituída ou complementada por uma estrutura de suporte do mecanismo de giro 43 que também é fornecida para suportar uma turbina de energia eólica com nacele alongada 56, que tem uma pluralidade de pás de rotor 44 operativamente acopladas a caixa de engrenagens 63 e o gerador elétrico 45 por um eixo 65.

A estrutura de suporte do mecanismo de giro 43 é formada por um corpo 46, uma superfície superior 47, uma superfície inferior 48 e preferencialmente uma pista substancialmente circular 49, definida, também preferencialmente, próxima do perímetro da superfície superior 47 da estrutura de suporte do mecanismo de giro 43.

Além disso, como representado na Fig. 23, um mecanismo de giro 50 é acoplado à plataforma de suporte para uma posição, preferencialmente, centrado no interior da pista substancialmente circular 49 e que se estende acima da superfície superior 47 da plataforma de suporte. Assim, o mecanismo de giro 50 é configurado para rodar em torno de um primeiro eixo 51 que é, de preferência, perpendicular à superfície superior da plataforma de suporte. Ademais, o mecanismo de giro 50 está acoplado as longarinas de plataforma de suporte da turbina por meio de um mancal de inclinação 66. Além disso, uma via de passagem para cabos 64 (mostrada na Fig. 24), por exemplo, para o cabo de energia, é configurada no mecanismo de giro 50. Ao manter os cabos internos em relação ao

eixo do mecanismo de giro 50 é evitado que os cabos sejam esmagados em outras partes do mecanismo, assim evitando-se o desgaste dos cabos.

A Fig. 24 mostra as longarinas de plataforma de suporte da turbina 52 tendo uma primeira extremidade 53 e uma segunda extremidade 54 afastada da primeira extremidade por uma distância de, pelo menos, um raio da pista circular 49, as longarinas de plataforma de suporte da turbina 52 a serem acopladas rotativamente ao mecanismo de giro 50 para permitir que as longarinas de plataforma de suporte da turbina 52 girem em torno de um primeiro eixo 51 que é substancialmente perpendicular ao segundo eixo 55 e substancialmente paralelo à superfície superior 47 da plataforma de suporte, as longarinas de plataforma de suporte da turbina 52 a serem configuradas para suportar, pelo menos, o peso de uma pluralidade de pás de rotor 44 e o gerador elétrico 45 da turbina de energia eólica com nacele alongada 56 montada no mesmo.

As Figs. 24 a 26 mostram a interface 61 disposta na proximidade da segunda extremidade 54 das longarinas de plataforma de suporte da turbina 52 e entre as longarinas de plataforma de suporte da turbina 52 e da pista substancialmente circular 49, a interface 61 configurada para possibilitar que a segunda extremidade 54 das longarinas de plataforma de suporte da turbina 52 movimente-se ao longo da pista substancialmente circular 49 para fornecer o giro adequado para a direção e sentido do vento 60. Além disso, a interface 61 é provida de um atuador de giro 57, em que um mecanismo de bloqueio de giro (não mostrado) está incorporado.

A interface 61 encontra-se representada por pelo menos duas rodas 58, preferencialmente seis que transferem as cargas da turbina para a pista 49, enquanto a turbina eólica é articulada em torno do mecanismo de giro 50, de acordo com um modo de execução da presente invenção. Em alternativa, a interface 61 pode ser fornecida com, por exemplo, uma roda dentada e uma cremalheira. Além disso, as rodas 58 são cobertas por um elemento amortecedor 58a previsto para a absorção de vibrações que podem ser provocados pela direção e sentido do vento 60. O elemento amortecedor 58a, incorporado nas referidas rodas 58 da dita interface 61 é, por exemplo, baseado em um material elastômero.

Uma segunda interface 61a é disposta na primeira extremidade 53 da estrutura de plataforma de suporte da turbina 52. A segunda interface 61a tem a mesma função e elementos da interface 61 e está posicionada simetricamente em

relação ao mecanismo de giro 50 para assegurar uma distribuição de carga apropriada dos elementos de turbinas eólicas ao longo da plataforma, bem como para reduzir o passo de rotação que pode ser causado pela força do vento.

Esta configuração permite assegurar que a turbina eólica com nacele alongada 56 está produzindo a quantidade máxima de energia elétrica em todos os momentos, mantendo as pás do rotor 44 em uma posição ótima em relação ao vento, com as mudanças de direção do vento. Além disso, a estrutura de suporte do mecanismo de giro 43 proporciona melhor distribuição do peso da carga ao longo do seu segundo eixo 55, reduzindo-se assim assimetria de carga ao longo da estrutura de suporte do mecanismo de giro 43 e a torre treliçada 10, que pode ser causada pelo fluxo multidireccional de vento.

As Figs. 27 a 31 ilustram outro exemplo de modo de execução, em que o eixo 65 é mais curto do que o exemplo de modo de execução mostrado nas Figs. 23 a 26.

A Fig. 31 é uma vista em perspectiva de um exemplo de uma plataforma de suporte em que o mecanismo de giro 50 está acoplado diretamente as longarinas de plataforma de suporte da turbina sem usar um mancal de inclinação 66.

A Fig. 32 é uma vista superior de um exemplo de uma plataforma de suporte, representando, por exemplo, como o descrito nas Figs. 23 ou 26, e que mostra a ligação da plataforma de suporte de giro sobre a torre treliçada 10 através de membros de contraventamento, preferencialmente, por seis membros de contraventamento, simetricamente dispostos abaixo da superfície inferior 48 da estrutura de suporte do mecanismo de giro 43.

Ao passo que os exemplos dos modos de execução foram particularmente ilustrados e descritos, várias alterações na forma e detalhes podem ser feitos no mesmo por um técnico no assunto. Tais alterações e outros equivalentes também se destinam a ser abrangidas pelas reivindicações que seguem.

REIVINDICAÇÕES

01. Uma torre treliçada (10) para suportar cargas caracterizada por compreender:

a) três colunas metálicas (11) dispostas em uma configuração triangular em torno de um eixo vertical (12) da torre treliçada (10), em que:

cada coluna metálica (11) tem uma seção transversal com perfil fechado,

a distância entre os centros (16) das colunas metálicas (11) na porção de base (17b) da torre é superior a 4 metros,

um ângulo de inclinação do eixo central longitudinal de cada coluna metálica (11) em relação ao eixo vertical da torre (12) está entre -1,7 e +1,7 graus, e

a altura da dita torre treliçada (10) é maior do que 60 metros;

b) uma pluralidade de membros de contraventamento; e

c) uma plataforma de suporte (14) disposta em uma porção de topo (17a) da torre.

02. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 01, em que o ângulo de inclinação do eixo longitudinal central (16) de cada uma das colunas metálicas (11) em relação ao eixo vertical da torre (12) está entre -1,7 e +1,7 graus, mas não inclui a 0 graus.

03. A torre treliçada (10) da reivindicação 01, em que a seção transversal fechada de cada uma das colunas metálicas (11) é substancialmente circular.

04. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 01, em que a dita torre treliçada (10) está configurada para suportar cargas dinâmicas sobre a plataforma de suporte (14) na parte superior da dita torre treliçada (10), que provocam forças e momentos de reação na porção da base da torre que são mais de 10 vezes maiores do que forças e momentos de reação causadas por cargas de vento sobre a torre.

05. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 01, em que a dita torre (10) está dividida verticalmente em três porções, cada porção que compreende pelo menos um módulo (20), e em que as três porções incluem:

uma primeira porção (21a) composta por três primeiras colunas (21b);

uma segunda porção (22a) que compreende três segundas colunas (22b), cada segunda coluna (22b) linearmente alinhada e acoplada a uma correspondente primeira coluna (21b) da primeira porção (21a); e

uma terceira porção (23a) que compreende três terceiras colunas (23b), cada terceira coluna (23b) linearmente alinhada e acoplada a uma segunda coluna (22b) correspondente da segunda porção (22a).

06. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 05, em que:

pelo menos uma das primeiras colunas (21b) tem uma seção transversal frusto-cônica e uma porção de base (30b) tem um diâmetro maior do que uma porção de topo (30c) e

ao menos uma das terceiras colunas (23b) tem uma seção transversal frusto-cônica e uma porção de topo (31b) tem um diâmetro maior do que a porção de base (31c).

07. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 05, em que as segundas colunas (22b) compreendem uma estrutura cilíndrica.

08. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 05, em que um acoplamento entre as porções e entre os módulos (20) de uma respectiva porção compreende flanges de ligação (18).

09. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 05, em que um diâmetro de cada respectiva terceira coluna (23b) da terceira porção (23a) é maior do que um diâmetro de cada respectiva segunda coluna (22b) na segunda porção (22a).

10. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 01, em que ao menos uma parte das colunas metálicas (11) são preenchidas com um material composto.

11. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 10, em que o material composto compreende concreto armado.

12. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 10, em que o material composto compreende concreto protendido.

13. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 01, em que a relação do diâmetro externo e da espessura (D / t) de cada coluna metálica (11) é maior do que 30.

14. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 01, em que os membros de contraventamento (13) estão dispostos na diagonal e os membros de contraventamento auxiliares (13a) na horizontal.

15. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 01, em que os membros de contraventamento (13) estão inclinados entre 30 e 60 graus em relação ao eixo longitudinal central (16) de cada coluna (11).

16. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 01, no qual os membros de contraventamento (13) ou os membros de contraventamento auxiliares (13a) compreendem, ao menos uma seção de canal em que o comprimento da alma do canal é menor do que o comprimento das abas do canal.

17. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 01, no qual os membros de contraventamento (13) compreendem ao menos um membro de contraventamento (13) ou um membro de contraventamento auxiliar (13a) com uma seção transversal fechada.

18. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 01, no qual os membros de contraventamento (13) ou os membros de contraventamento auxiliares (13a) compreendem ao menos um membro de contraventamento (13) ou um membro de contraventamento auxiliar (13a) com um material composto.

19. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 01, na qual os membros de contraventamento (13) compreendem ao menos um membro de contraventamento (13) ou um membro de contraventamento auxiliar (13a) metálico reforçado com um material composto.

20. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 01, na qual os membros de contraventamento (13) compreendem ao menos um membro de contraventamento (13) ou um membro de contraventamento auxiliar (13a) metálico com uma seção transversal fechada preenchida com concreto.

21. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 01, em que a carga é uma turbina de energia eólica configurada a sotavento.

22. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 01, em que a carga é uma turbina de energia eólica configurada a barlavento.

23. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 01, em que ao menos uma das colunas (11) e/ou membros de contraventamento (13) compreende uma carenagem aerodinâmica.

24. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 01, em que o ângulo de inclinação do eixo longitudinal central (16) de cada uma das colunas metálicas (11) em relação ao eixo vertical da dita torre treliçada (10) está entre -1,7 e +1,7 graus, mas não inclui 0 graus.

25. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 05, em que a plataforma de suporte (14) compreende três colunas de plataforma, cada uma das colunas de plataforma acoplada a uma respectiva terceira coluna (23b) da terceira porção (23a), e uma interface tubular interna acoplada às três colunas de plataforma.

26. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 01, compreendendo ainda uma estrutura de suporte do mecanismo de giro (43) para suportar uma turbina de energia eólica com nacele alongada (56), tendo uma pluralidade de pás de rotor (44) operativamente acopladas ao gerador elétrico (45), dita estrutura de suporte do mecanismo de giro (43) compreendendo:

a) uma plataforma de suporte que tem um corpo (46), uma superfície superior (47) e uma superfície inferior (48);

b) uma pista circular (49) definida substancialmente próxima do perímetro da superfície superior (47) da dita estrutura de suporte do mecanismo de giro (43);

c) uma longarina de plataforma de suporte de turbina (52) tendo uma primeira extremidade (53) e uma segunda extremidade (54) espaçadas da primeira extremidade (53) por uma distância de, ao menos, um raio da pista circular (49), a longarina de plataforma de suporte da turbina (52) a ser acoplada rotativamente a estrutura de suporte do mecanismo de giro (43) que é perpendicular ao primeiro eixo (51), e paralela à superfície superior (47) da plataforma de suporte do mecanismo de giro (43), a longarina de plataforma de suporte da turbina (52) sendo configurada para suportar o peso de ao menos uma pluralidade de pás de rotor (44) e o gerador elétrico (45) da turbina de energia eólica com nacele alongada (56) montada no mesmo; e

d) pelo menos uma interface (61) disposta na proximidade da segunda extremidade da estrutura de suporte da turbina (54), e entre a longarina de plataforma de suporte da turbina (52) e a pista circular (49), a interface (61) sendo configurada para possibilitar que a segunda extremidade da estrutura de suporte da turbina (54) se movimente ao longo da pista circular (49) para prover giro adequado para a direção e sentido do vento (60).

27. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 26, em que um mecanismo de giro (50) é um mancal de inclinação (66) e é acoplado à estrutura de suporte do mecanismo de giro (43), em uma posição substancialmente centrada no interior da pista circular (49) e estendendo-se acima da superfície superior (47)

da estrutura de suporte do mecanismo de giro (43), o mancal do mecanismo de giro (50) sendo configurado para girar em torno de um primeiro eixo (51) que é perpendicular à parte superior (47) da superfície da estrutura de suporte do mecanismo de giro (43),

28. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 26, em que um mecanismo de giro (50) é conectado diretamente a longarina de plataforma de suporte da turbina (52) e é acoplado à estrutura de suporte do mecanismo de giro (43), em uma posição substancialmente centrada no interior da pista circular (49) e estendendo-se acima da superfície superior (47) da estrutura de suporte do mecanismo de giro (43), o mancal do mecanismo de giro (50) sendo configurado para rodar em torno de um primeiro eixo (51) que é perpendicular à parte superior (47) da superfície da estrutura de suporte do mecanismo de giro (43);

29. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 26, em que a longarina de plataforma de suporte da turbina (52) é ainda configurada para suportar um gerador elétrico (45) acoplado ao eixo (65).

30. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 26, compreendendo adicionalmente uma carcaça de nacele para o gerador elétrico (45).

31. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 26, em que a interface (61) compreende, ao menos, duas rodas para transferir as cargas da turbina para a pista circular (49).

32. A estrutura de suporte da reivindicação 26, em que a interface (61) compreendendo ao menos um atuador de giro e mecanismo de bloqueio de giro.

33. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 26, em que a interface (61) é composta por um elemento amortecedor (58a).

34. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 26, em que a interface (61) compreende, ao menos, uma engrenagem pinhão e uma cremalheira.

35. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 26, compreendendo ainda uma passagem de cabo de energia (64) configurada no mancal do mecanismo de giro (50).

36. A torre treliçada (10) de acordo com a reivindicação 26, em que a turbina de energia eólica (56) pode ser operada com a pluralidade de pás de rotor (44) posicionadas a sotavento da plataforma de suporte.

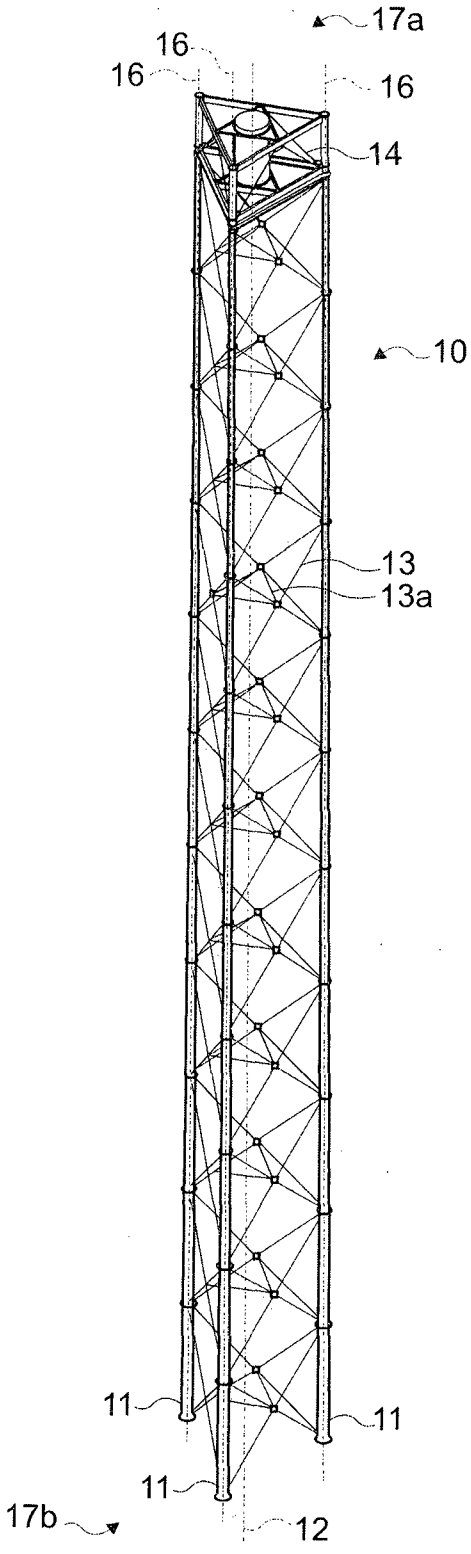


FIG. 1

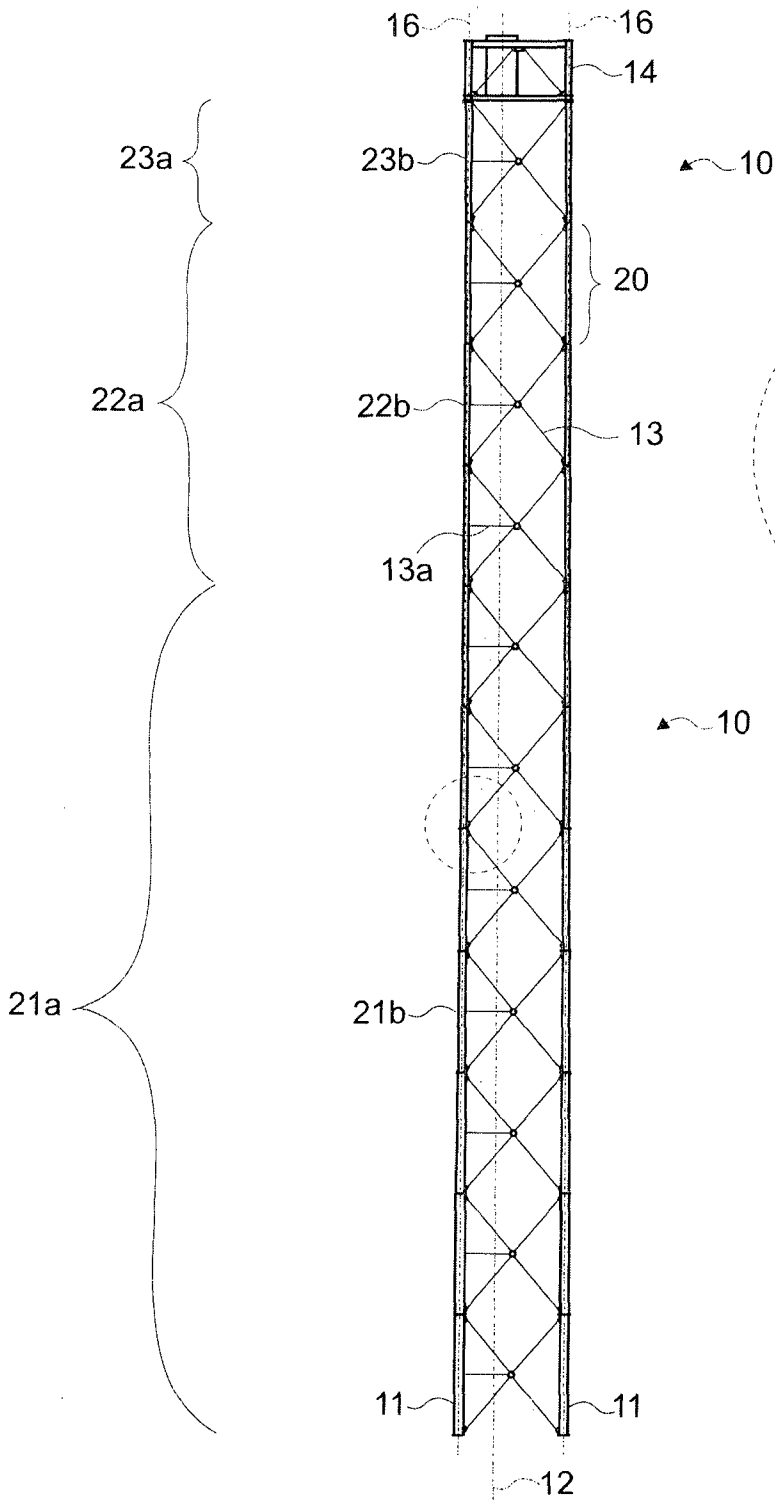


FIG. 2A

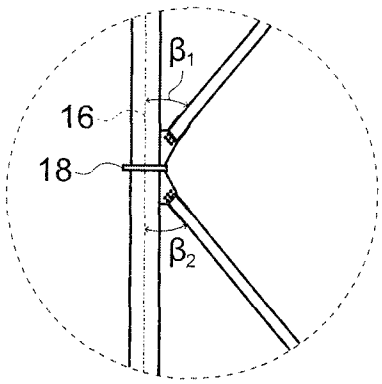


FIG. 2B

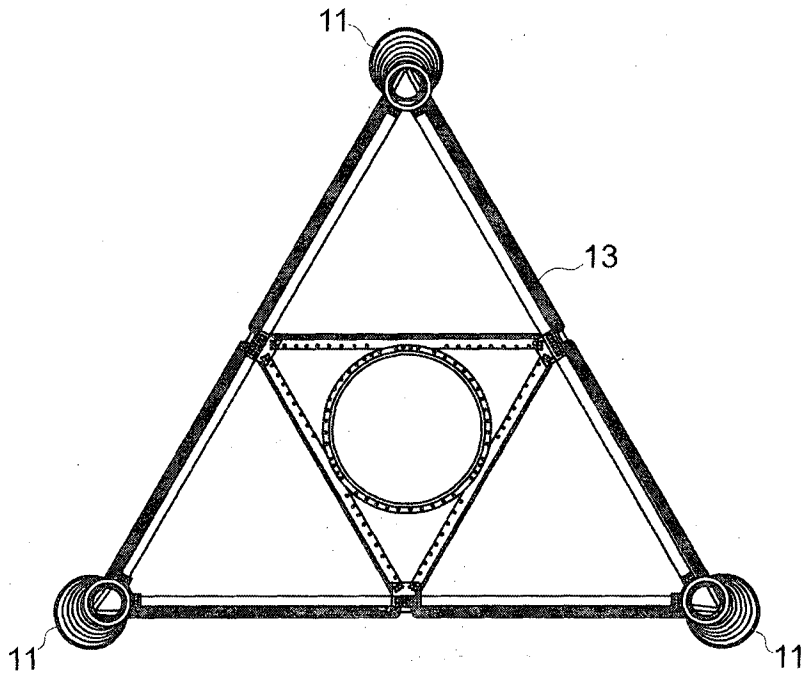


FIG. 3A

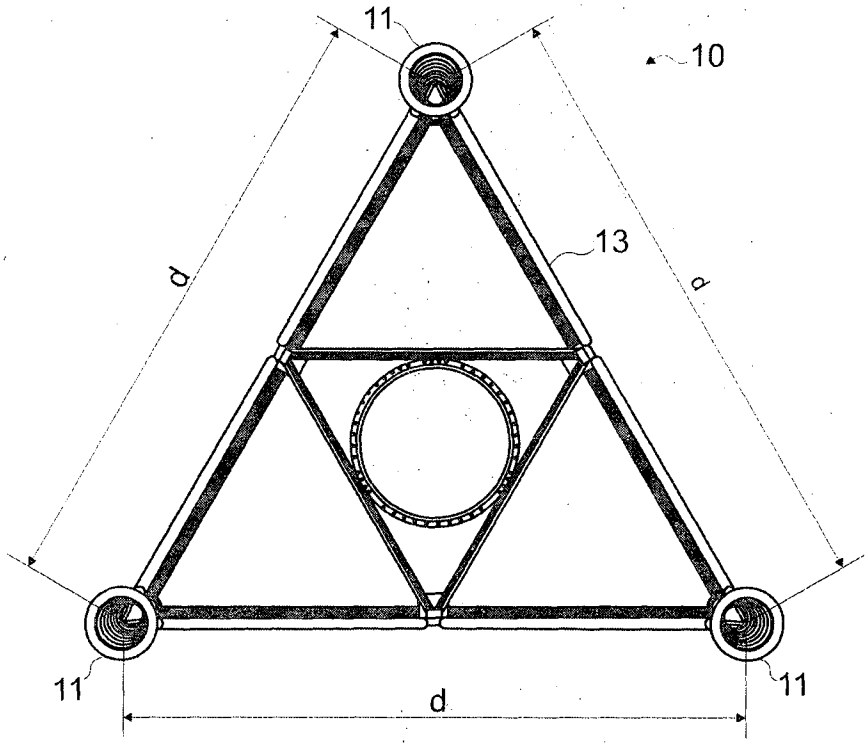


FIG. 3B

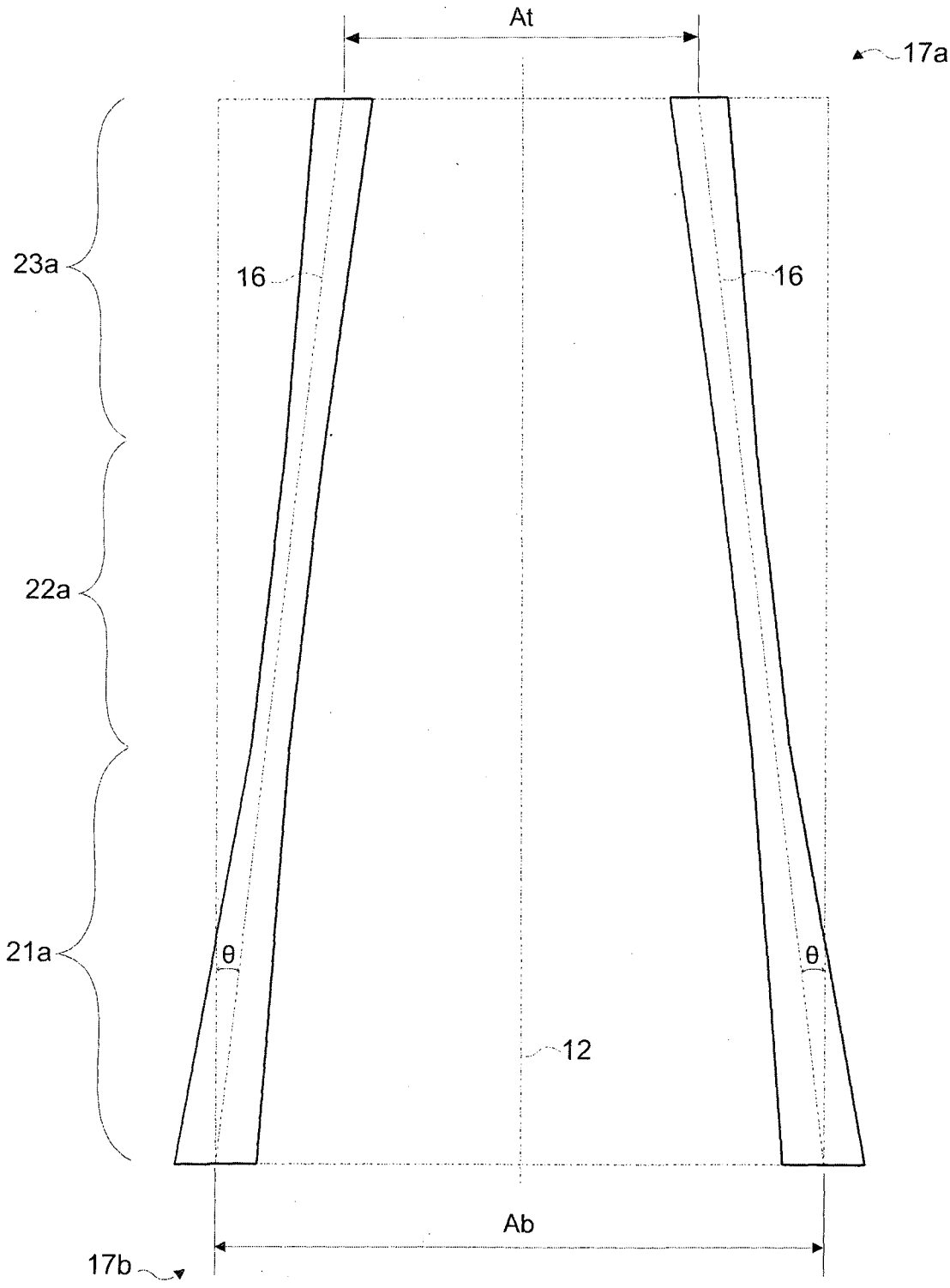


FIG. 4

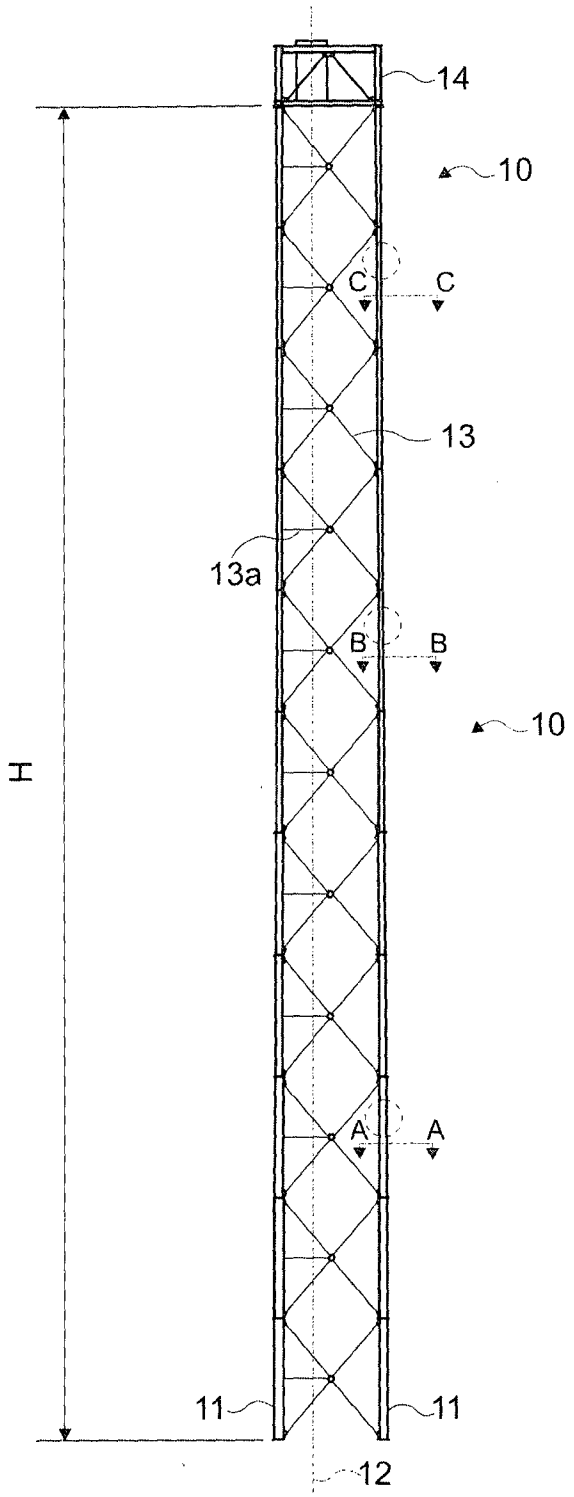


FIG. 5A

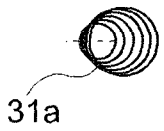


FIG. 5B

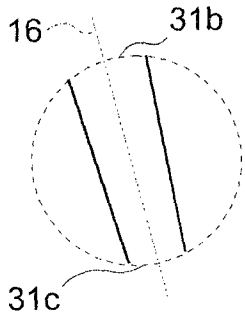


FIG. 5C



FIG. 5D

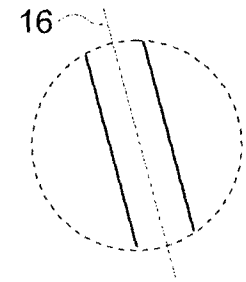


FIG. 5E

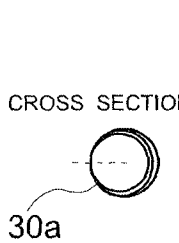


FIG. 5F

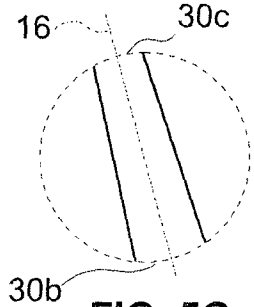


FIG. 5G

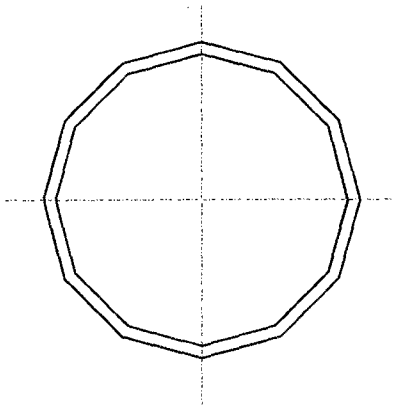


FIG. 6A

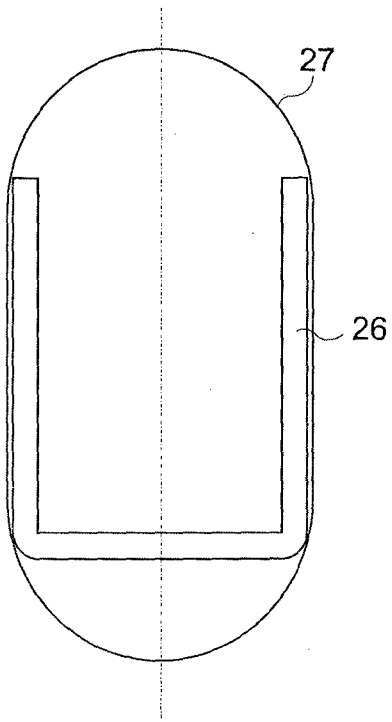


FIG. 6B

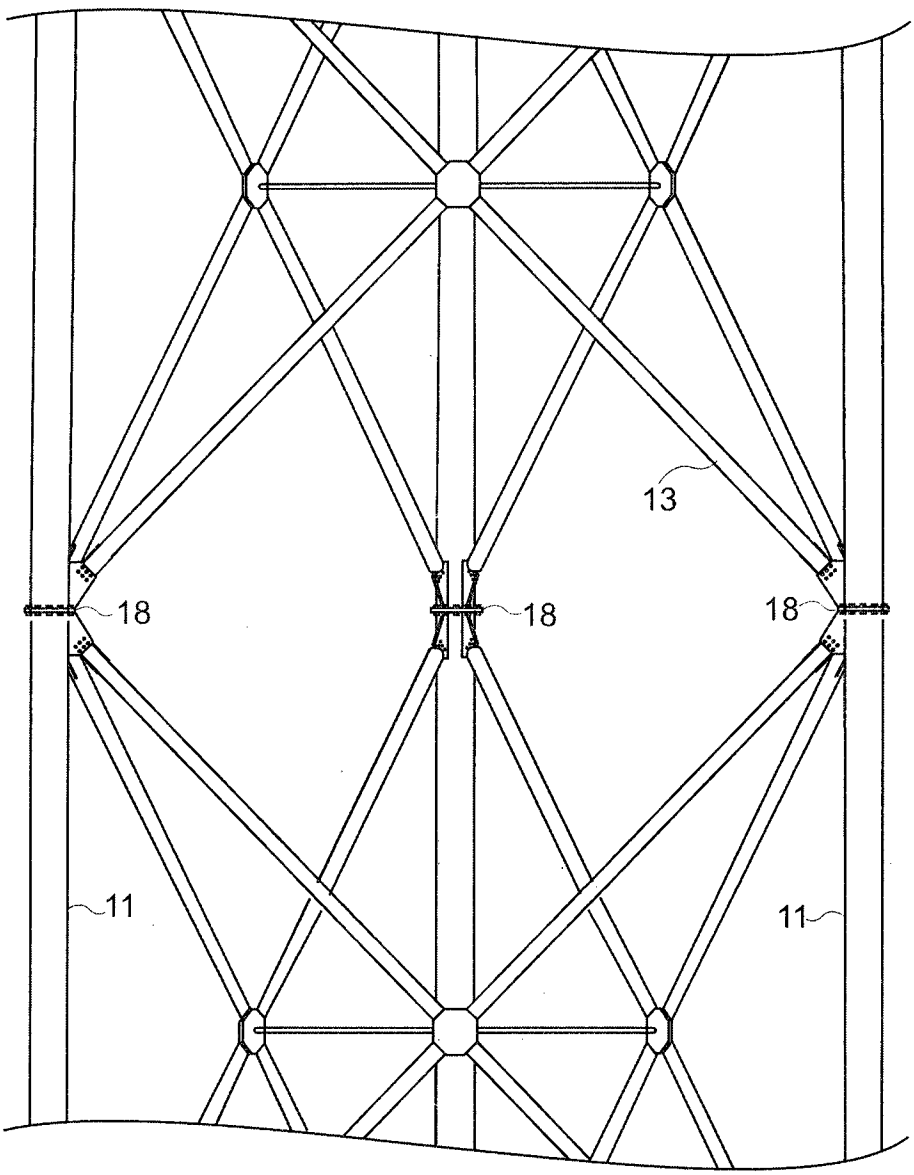


FIG. 7

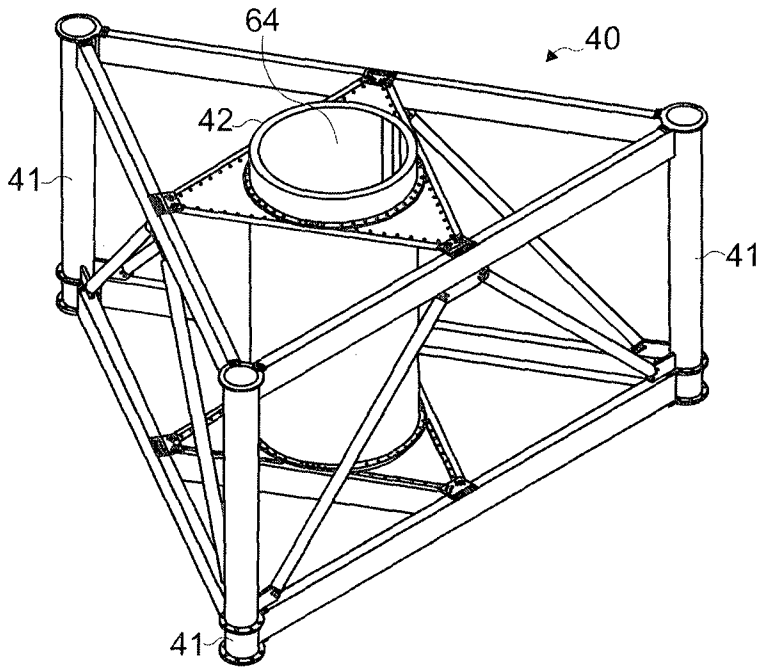


FIG. 8

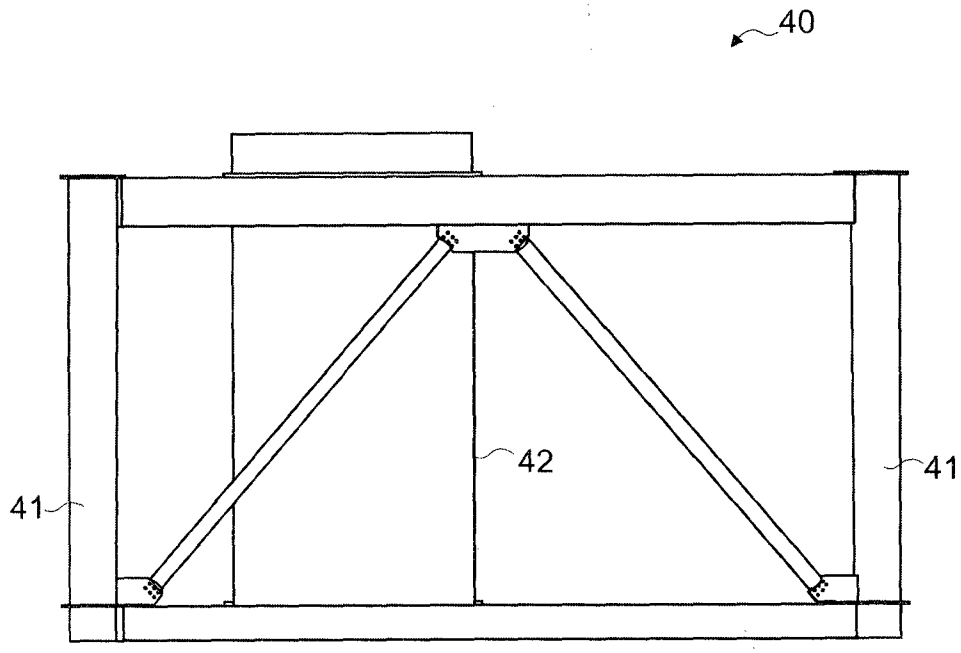


FIG. 9

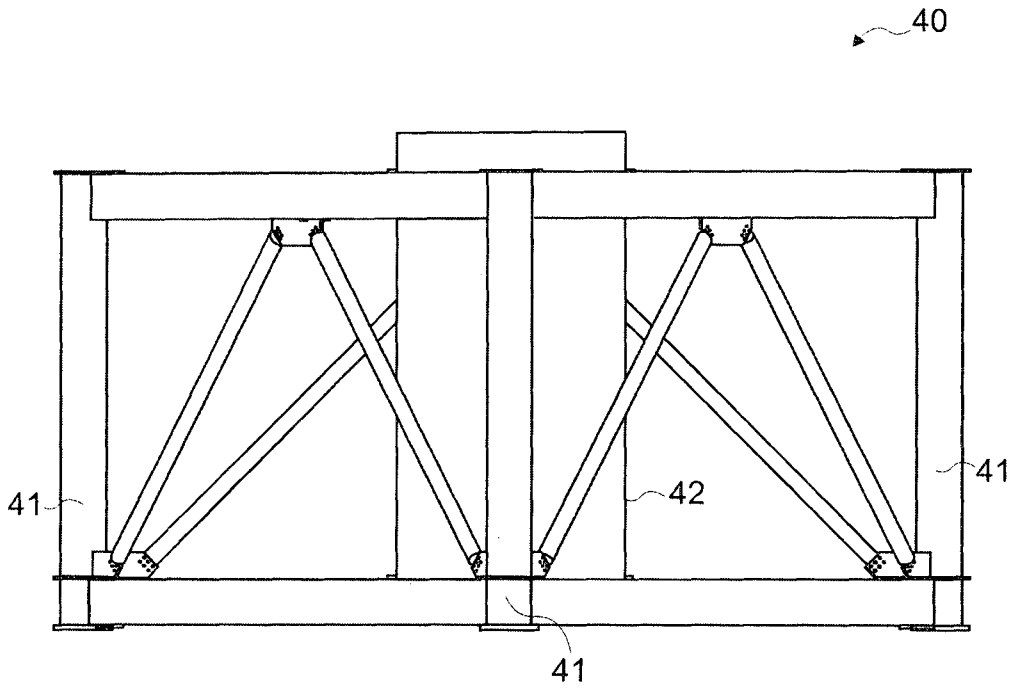


FIG. 10

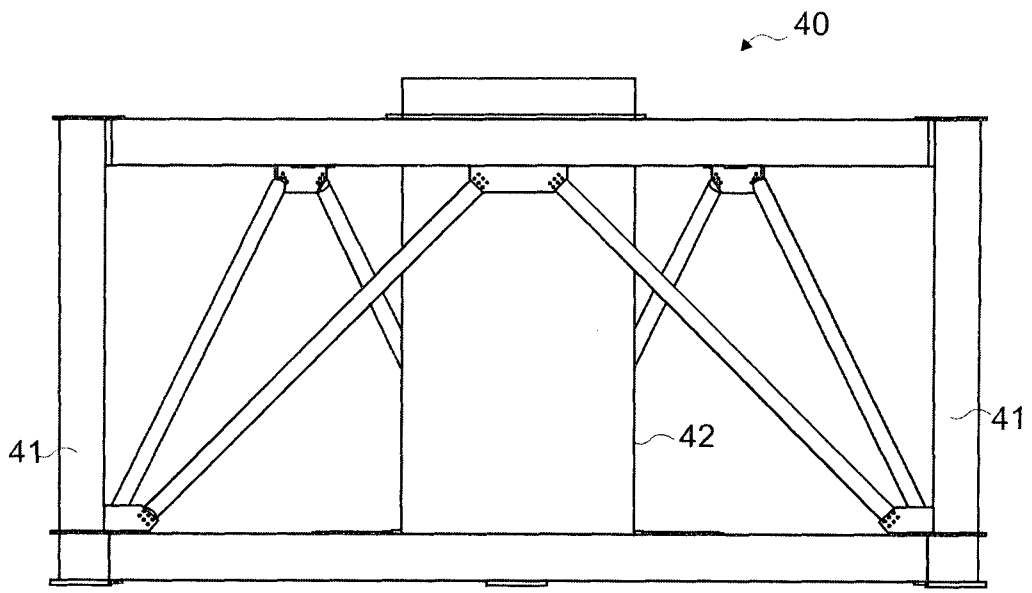


FIG. 11

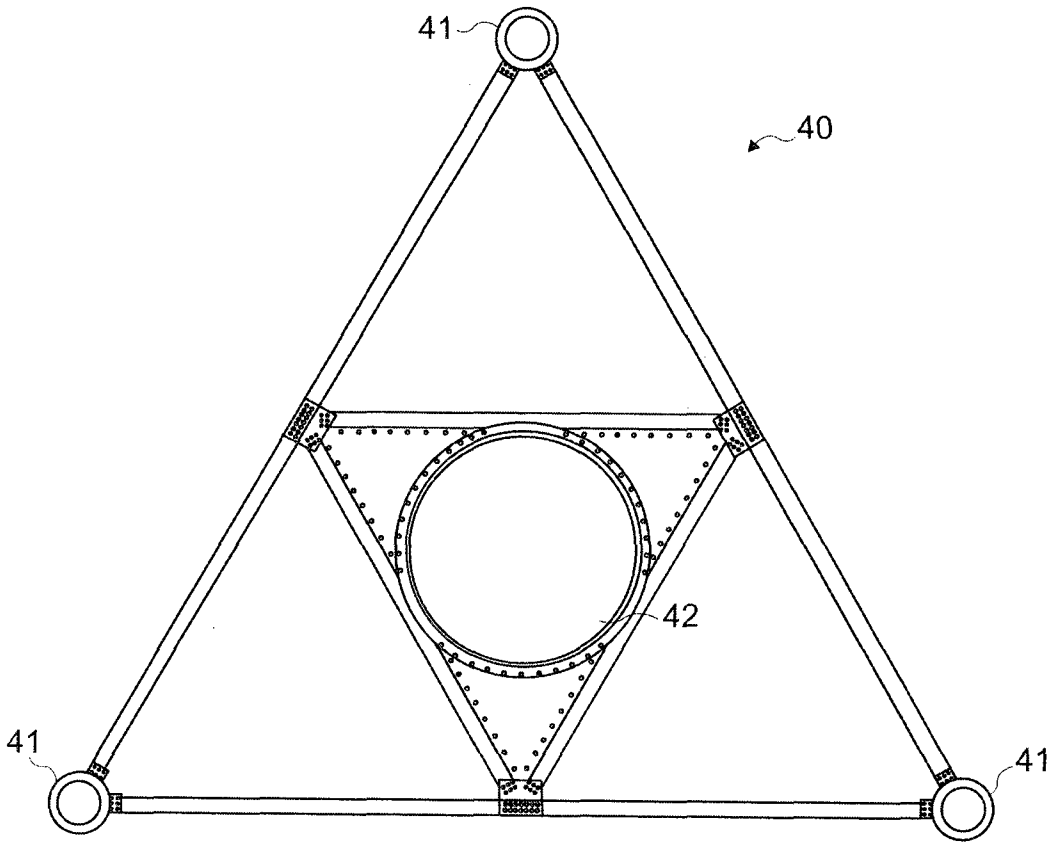


FIG. 12

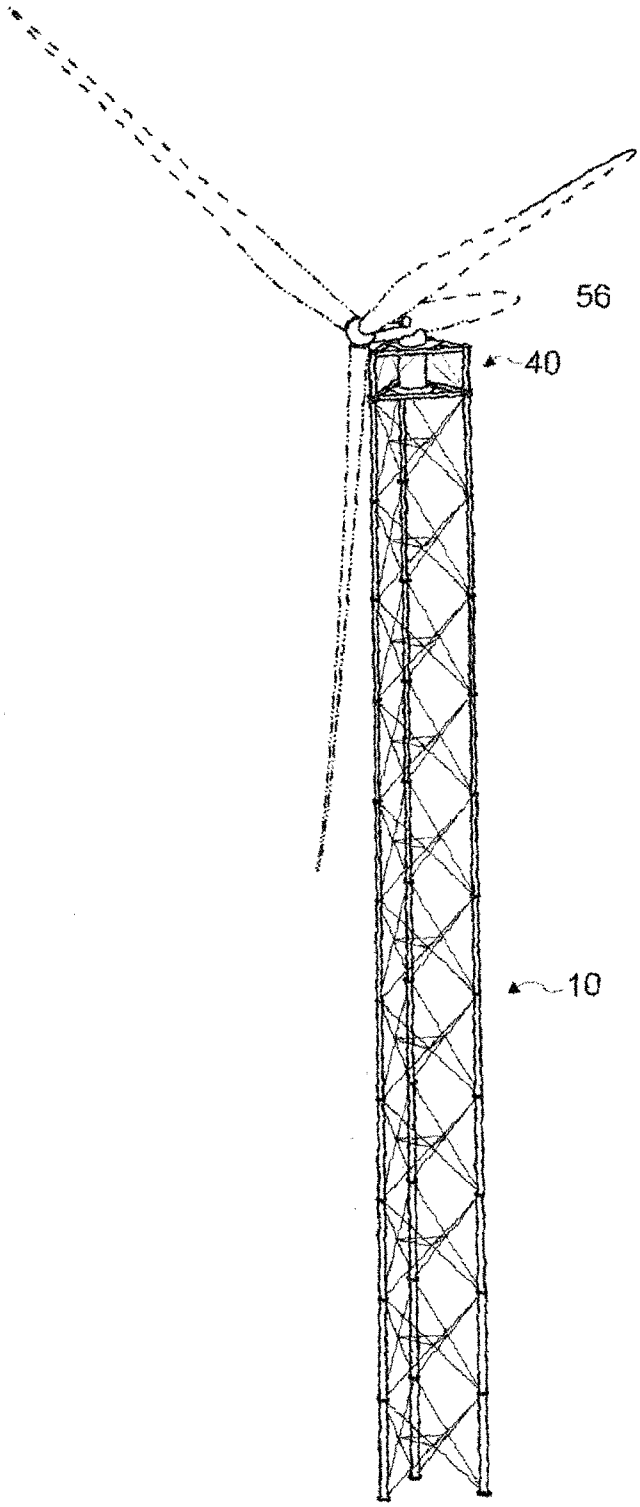


FIG. 13A

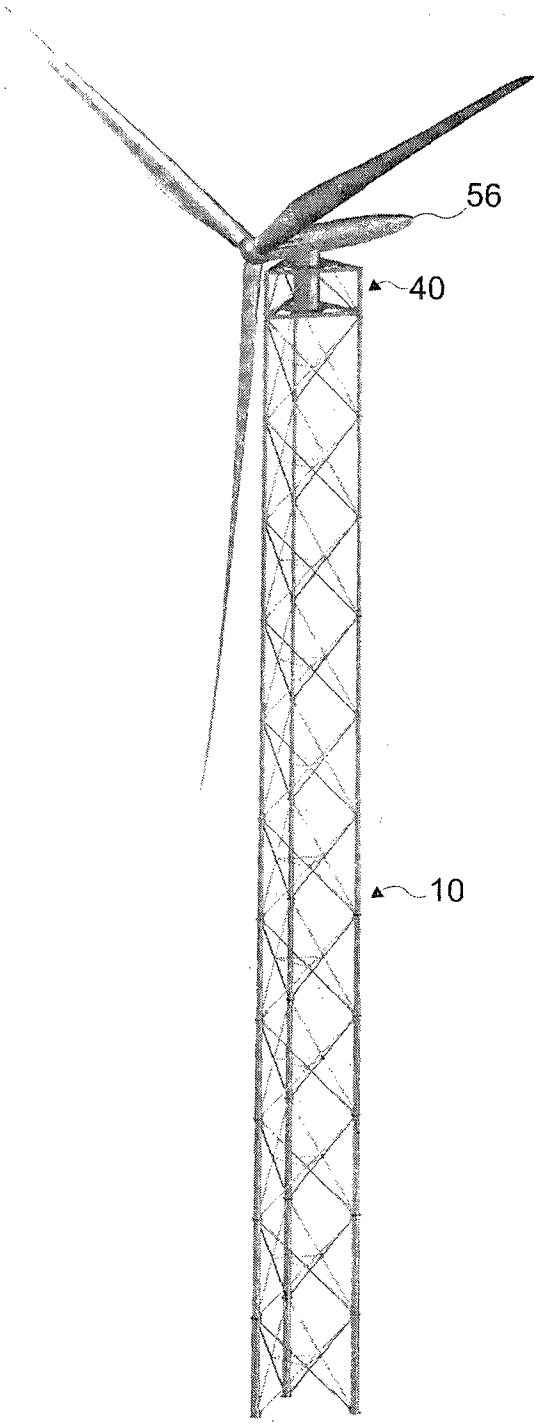


FIG. 13B

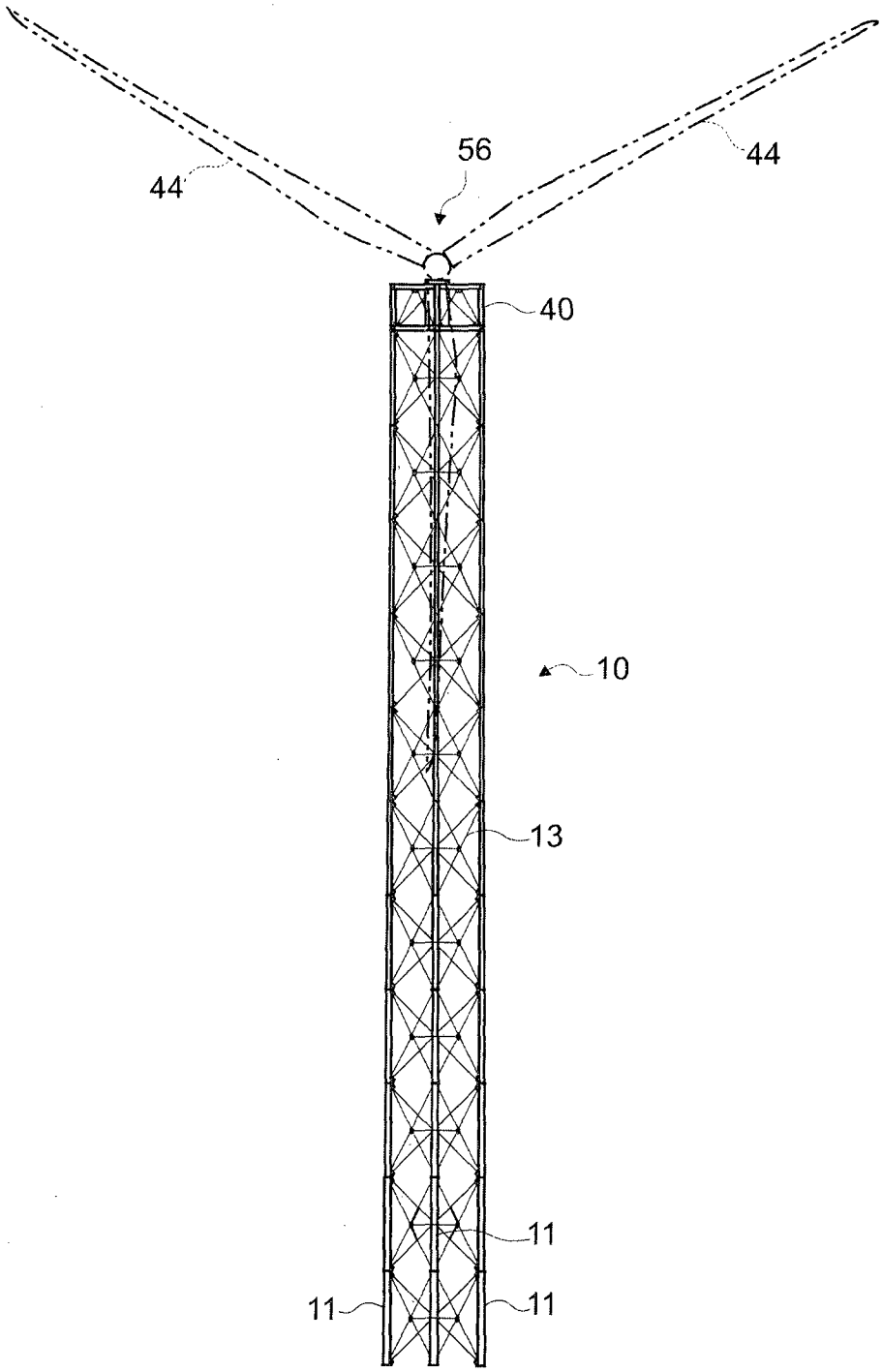


FIG. 14

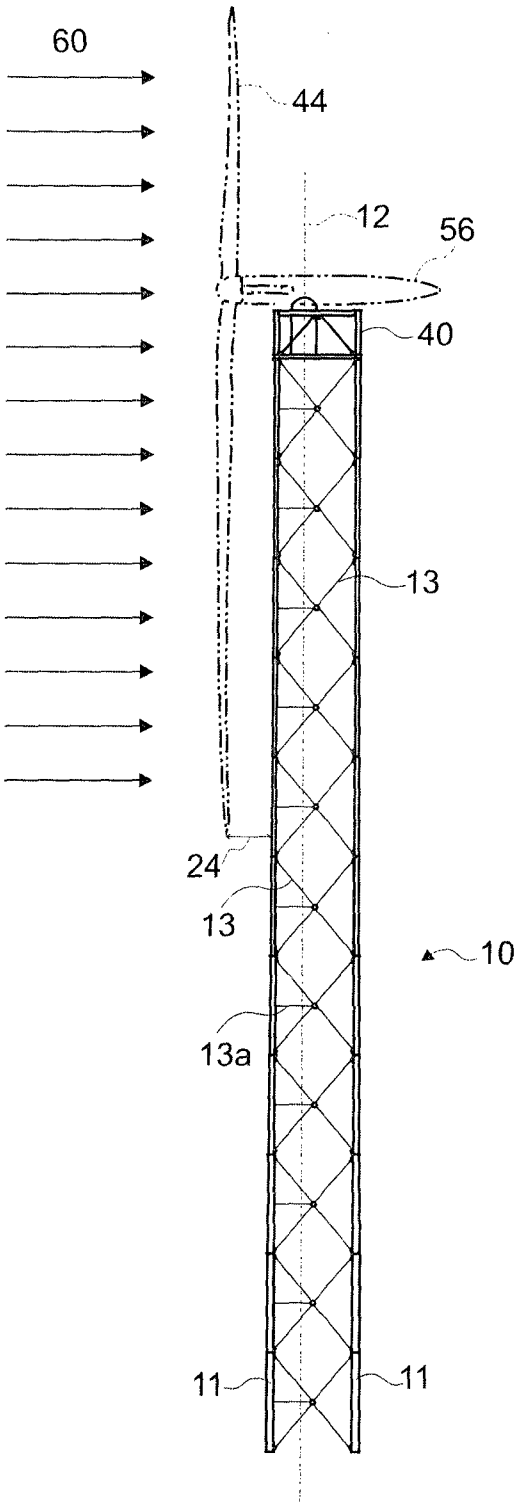


FIG. 15A

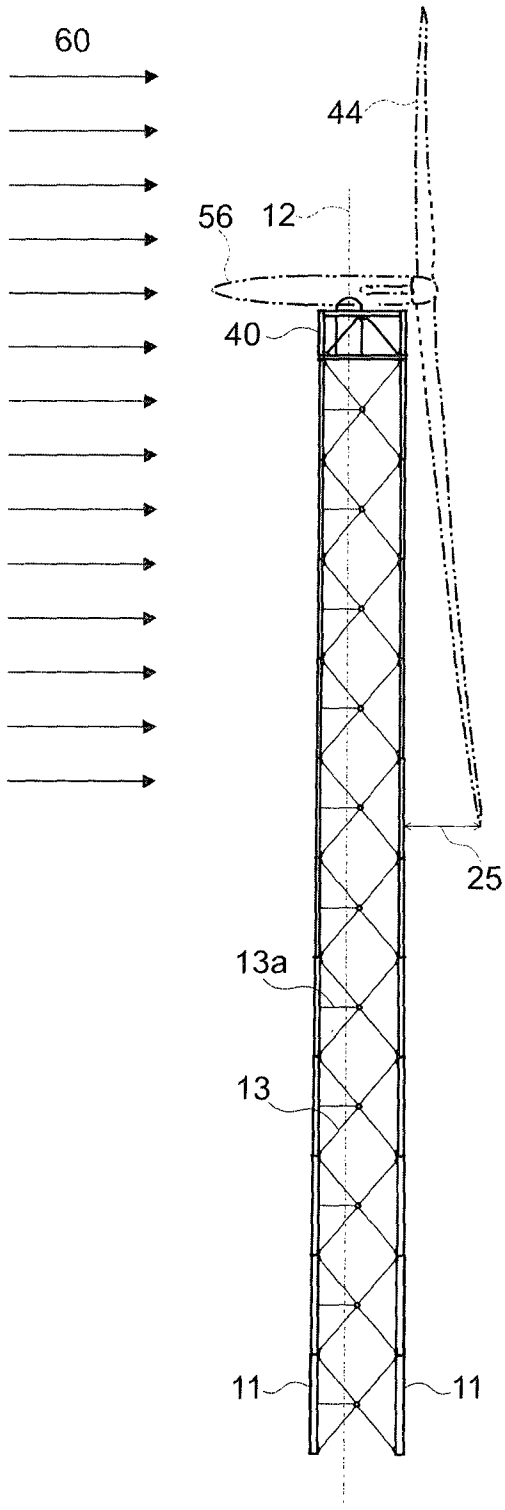


FIG. 15B

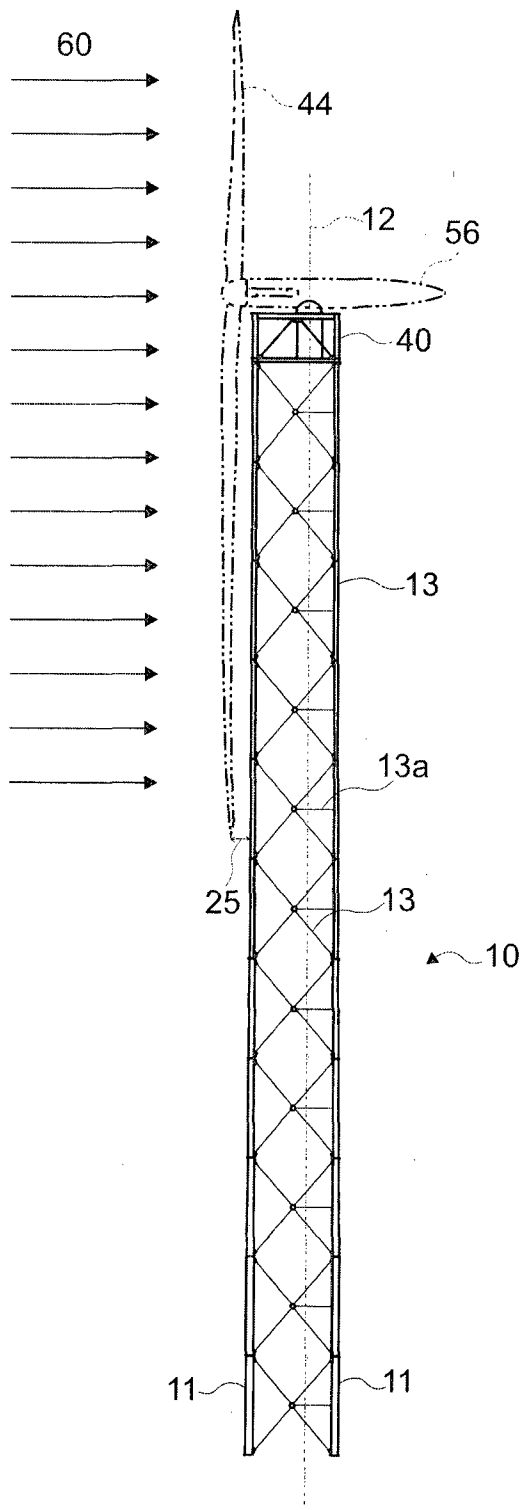


FIG. 16A

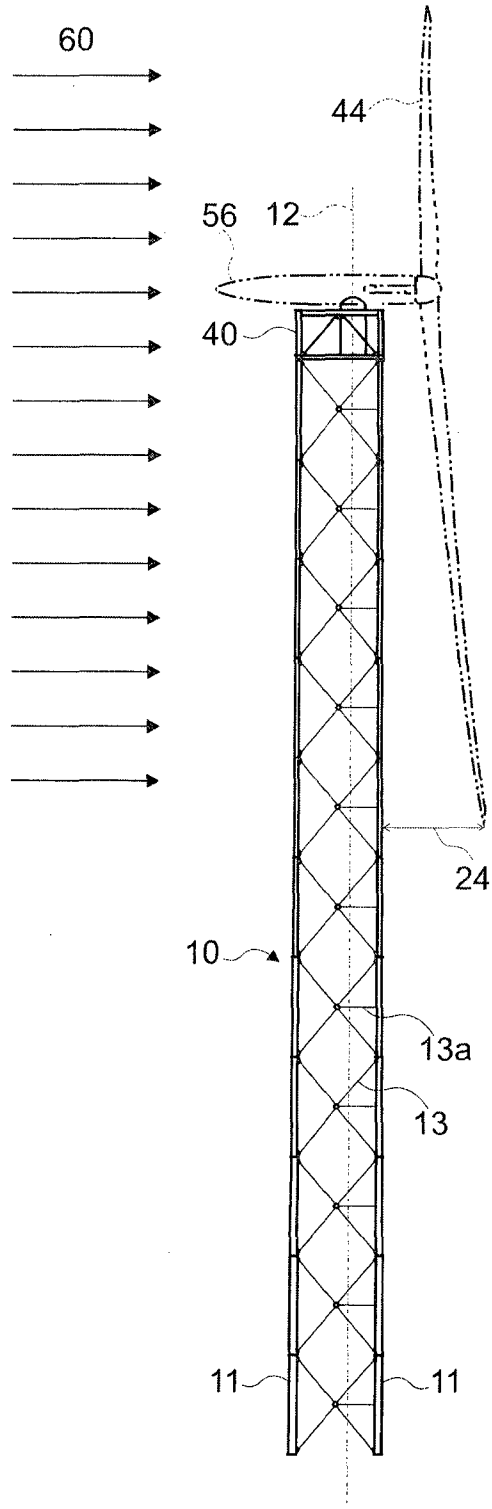


FIG. 16B

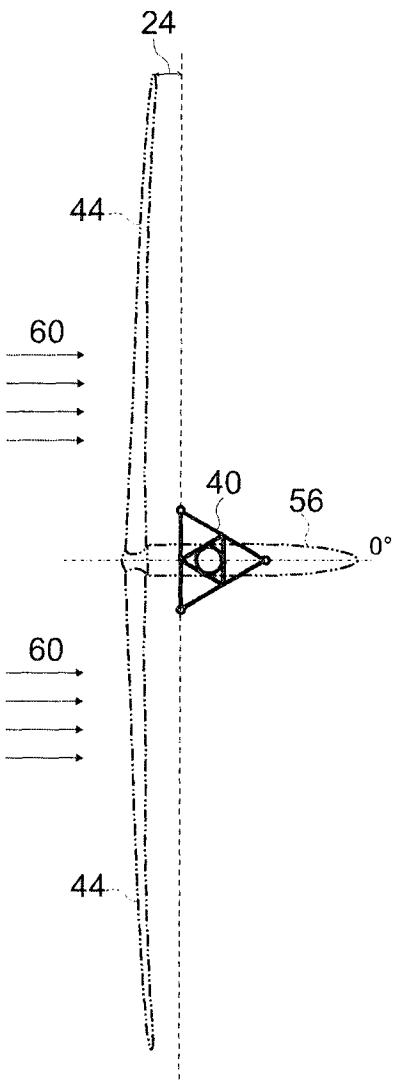


FIG. 17A

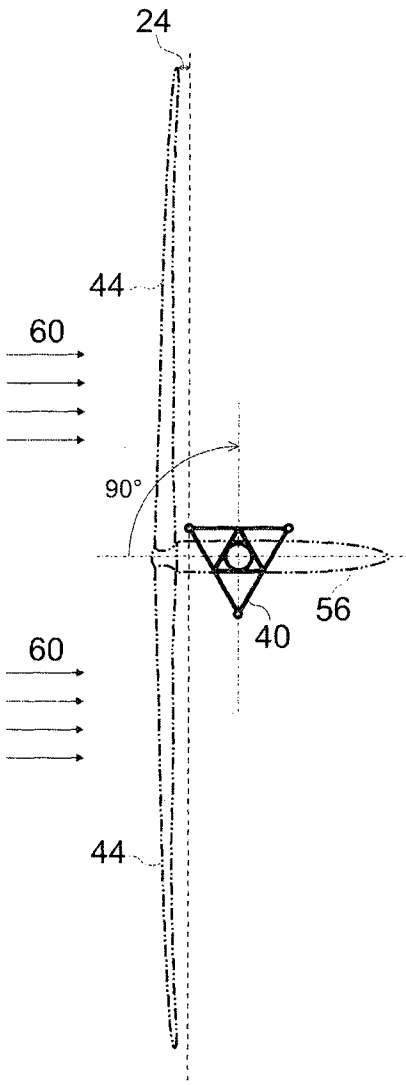


FIG. 17B

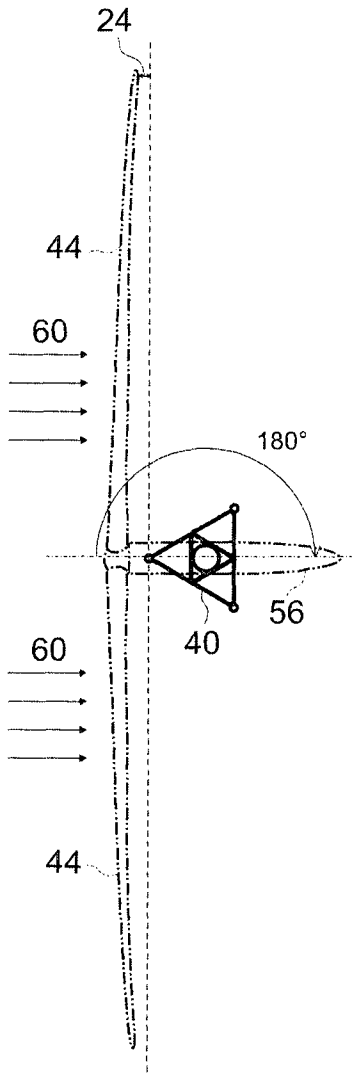


FIG. 17C

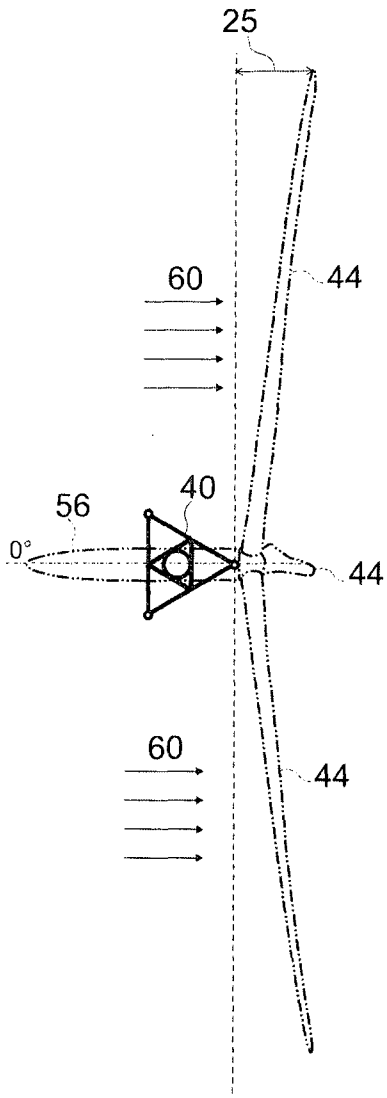


FIG. 18A

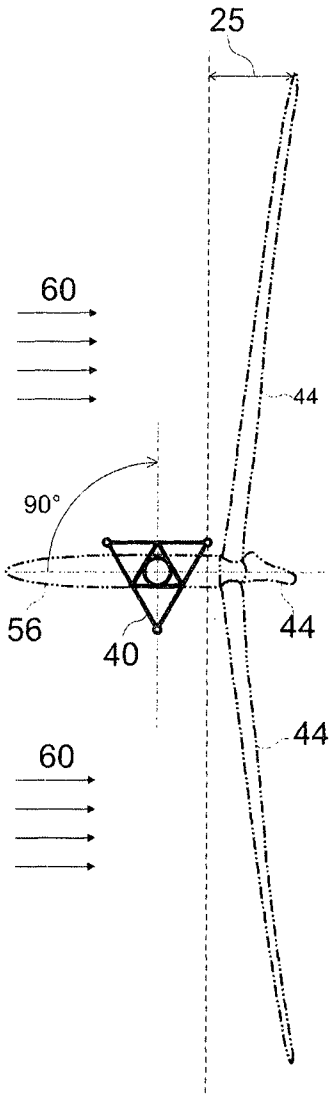


FIG. 18B

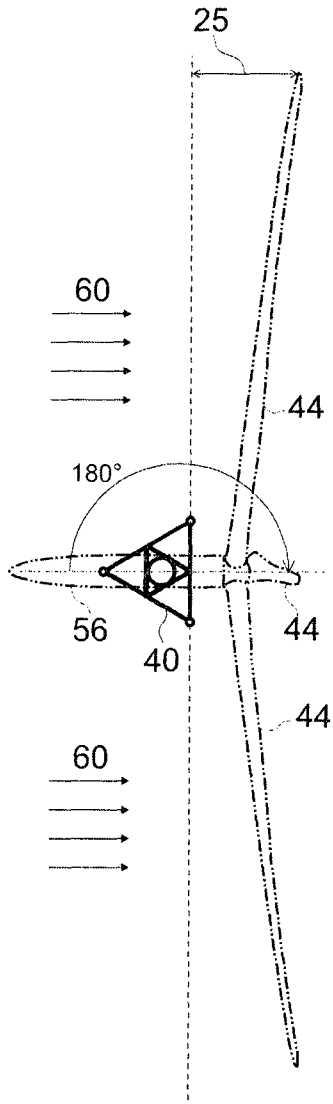


FIG. 18C

TABELA I - TABELA DE DIMENSIONAMENTO DE UM EXEMPLO DE MODO DE EXECUÇÃO DA INVENÇÃO -TORRE EM AÇO													
COLUNAS													
Módulos	Altura da torre (H)		Comprimento de coluna		Espessura de coluna (t)		Distancia entre linha de centro de coluna		Diâmetro médio das colunas (D)		D/t	Massa das três colunas	
	m	pés	m	pés	m	pol	m	pés	m	pés		kg	lb
Topo							A_t=11.218	36,795					
12º	138,0	452,6	6,0	19,7	0,01588	5/8	11,235	36,851	0,598	1,960	37,6	4.099	9.017
11º	132,0	433,0	12,0	39,4	0,01270	1/2	11,286	37,018	0,545	1,788	42,9	6.002	13.204
10º	120,0	393,6	12,0	39,4	0,01270	1/2	11,354	37,241	0,510	1,673	40,2	5.607	12.336
9º	108,0	354,2	12,0	39,4	0,01588	5/8	11,422	37,464	0,510	1,673	32,1	6.964	15.321
8º	96,0	314,9	12,0	39,4	0,01905	3/4	11,490	37,687	0,510	1,673	26,8	8.303	18.267
7º	84,0	275,5	12,0	39,4	0,01905	3/4	11,558	37,910	0,545	1,788	28,6	8.895	19.570
6º	72,0	236,2	12,0	39,4	0,01905	3/4	11,626	38,133	0,615	2,017	32,3	10.079	22.174
5º	60,0	196,8	12,0	39,4	0,01905	3/4	11,694	38,356	0,685	2,247	36,0	11.263	24.779
4º	48,0	157,4	12,0	39,4	0,01905	3/4	11,762	38,579	0,755	2,476	39,6	12.447	27.383
3º	36,0	118,1	12,0	39,4	0,01905	3/4	11,830	38,802	0,825	2,706	43,3	13.631	29.988
2º	24,0	78,7	12,0	39,4	0,01905	3/4	11,898	39,025	0,895	2,936	47,0	14.815	32.593
1º	12,0	39,4	12,0	39,4	0,02223	7/8	11,966	39,248	0,965	3,165	43,4	18.603	40.926
Base							A_b=12.000	39,360					

FIG. 19A

TABELA I - TABELA DE DIMENSIONAMENTO DE UM EXEMPLO DE MODO DE EXECUÇÃO DA INVENÇÃO - TORRE EM AÇO						
	DIAGONAIS					
Módulos	Diâmetro das diagonais		Espessura das diagonais		Massa das diagonais (aço e concreto reforçado)	
	m	pés	m	pol	kg	lb
Topo						
12º	0,2190	0,718	0,00794	5/16	1.904	4.189
11º	0,2190	0,718	0,00794	5/16	3.834	8.435
10º	0,2190	0,718	0,00794	5/16	3.856	8.484
9º	0,2190	0,718	0,00794	5/16	3.868	8.509
8º	0,2190	0,718	0,00794	5/16	3.880	8.535
7º	0,2190	0,718	0,00794	5/16	3.879	8.534
6º	0,2190	0,718	0,00794	5/16	3.866	8.505
5º	0,2190	0,718	0,00794	5/16	3.853	8.477
4º	0,2190	0,718	0,00794	5/16	3.841	8.449
3º	0,2190	0,718	0,00794	5/16	3.828	8.421
2º	0,2190	0,718	0,00794	5/16	3.815	8.393
1º	0,2190	0,718	0,00794	5/16	3.802	8.365
Base						

FIG. 19B

TABELA II - TABELA DE DIMENSIONAMENTO DE UM EXEMPLO DE MODO DE EXECUÇÃO DA INVENÇÃO- TORRE EM AÇO E CONCRETO ARMADO																	
COLUNAS																	
Módulos	Altura da torre (H)		Comprimento de coluna		Espessura de coluna (t)		Distância entre linha de centro de coluna		Diâmetro médio de colunas (D)		Número de barras para concreto armado para três colunas	Diâmetro das barras para concreto armado para três colunas		D/t	Massa para as três colunas	
	m	pés	m	pés	m	pol	m	pés	m	pés		m	pol		kg	lb
Topo							A_t=11.218	36,795									
12°	138,0	452,6	6,0	19,7	0,00953	3/8	11,235	36,851	0,598	1,960	57	0,0191	3/4	62,7	13.907	30.595
11°	132,0	433,0	12,0	39,4	0,00635	1/4	11,286	37,018	0,545	1,788	18	0,0191	3/4	85,8	21.804	47.970
10°	120,0	393,6	12,0	39,4	0,00635	1/4	11,354	37,241	0,510	1,673	18	0,0191	3/4	80,3	19.264	42.380
9°	108,0	354,2	12,0	39,4	0,00635	1/4	11,422	37,464	0,510	1,673	45	0,0191	3/4	80,3	19.776	43.508
8°	96,0	314,9	12,0	39,4	0,00953	3/8	11,490	37,687	0,510	1,673	27	0,0191	3/4	53,5	20.419	44.922
7°	84,0	275,5	12,0	39,4	0,00953	3/8	11,558	37,910	0,545	1,788	36	0,0191	3/4	57,2	23.201	51.041
6°	72,0	236,2	12,0	39,4	0,00953	3/8	11,626	38,133	0,615	2,017	54	0,0191	3/4	64,6	29.241	64.331
5°	60,0	196,8	12,0	39,4	0,01270	1/2	11,694	38,356	0,685	2,247	27	0,0191	3/4	53,9	36.386	80.049
4°	48,0	157,4	12,0	39,4	0,01270	1/2	11,762	38,579	0,755	2,476	36	0,0191	3/4	59,4	43.670	96.074
3°	36,0	118,1	12,0	39,4	0,01270	1/2	11,830	38,802	0,825	2,706	36	0,0191	3/4	65,0	51.420	113.125
2°	24,0	78,7	12,0	39,4	0,01270	1/2	11,898	39,025	0,895	2,936	39	0,0191	3/4	70,5	59.865	131.703
1°	12,0	39,4	12,0	39,4	0,01270	1/2	11,966	39,248	0,965	3,165	114	0,0191	3/4	76,0	70.314	154.691
Base							A_b=12.000	39,360									

FIG. 20A

TABELA II - TABELA DE DIMENSIONAMENTO DE UM EXEMPLO DE MODO DE EXECUÇÃO DA INVENÇÃO - TORRE EM AÇO E CONCRETO ARMADO

Módulos	DIAGONAIS					
	Diâmetro das diagonais		Espessura das diagonais		Massa das diagonais (aço e concreto armado)	
	m	pés	m	pol	kg	lb
Topo						
12º	0,2190	0,718	0,00476	3/16	2.406	5.294
11º	0,2190	0,718	0,00476	3/16	4.845	10.660
10º	0,2190	0,718	0,00476	3/16	4.874	10.722
9º	0,2190	0,718	0,00476	3/16	4.888	10.754
8º	0,2190	0,718	0,00476	3/16	4.903	10.786
7º	0,2190	0,718	0,00476	3/16	4.902	10.785
6º	0,2190	0,718	0,00476	3/16	4.886	10.749
5º	0,2190	0,718	0,00476	3/16	4.870	10.713
4º	0,2190	0,718	0,00476	3/16	4.854	10.678
3º	0,2190	0,718	0,00476	3/16	4.837	10.642
2º	0,2190	0,718	0,00476	3/16	4.821	10.607
1º	0,2190	0,718	0,00476	3/16	4.805	10.572
Base						

FIG. 20B

TABELA III - COMPARAÇÃO ENTRE CUSTO, MASSA E FREQUÊNCIA ENTRE A TORRE MONOTUBULAR E OS DOIS EXEMPLOS DE MODO DE EXECUÇÃO DA PRESENTE INVENÇÃO

Torre	Custo($)	Massa (toneladas)		Frequência (Hz)		
		Aço	Concreto	1° Modo	2° Modo	3° Modo
Monotubular (TM1)	301%	241% 402,5	-	51% 0,151	107% 1,019	94% 2,034
Torre treliçada somente em aço (TA1)	**Referência (100%)**	**100%** 167,0	-	**100%** 0,297	**100%** 0,955	**100%** 2,175
Torre treliçada com aço com concreto armado (TAC1)	61%	59% 99,2	367,969	128% 0,381	98% 0,934	85% 1,844

FIG. 21

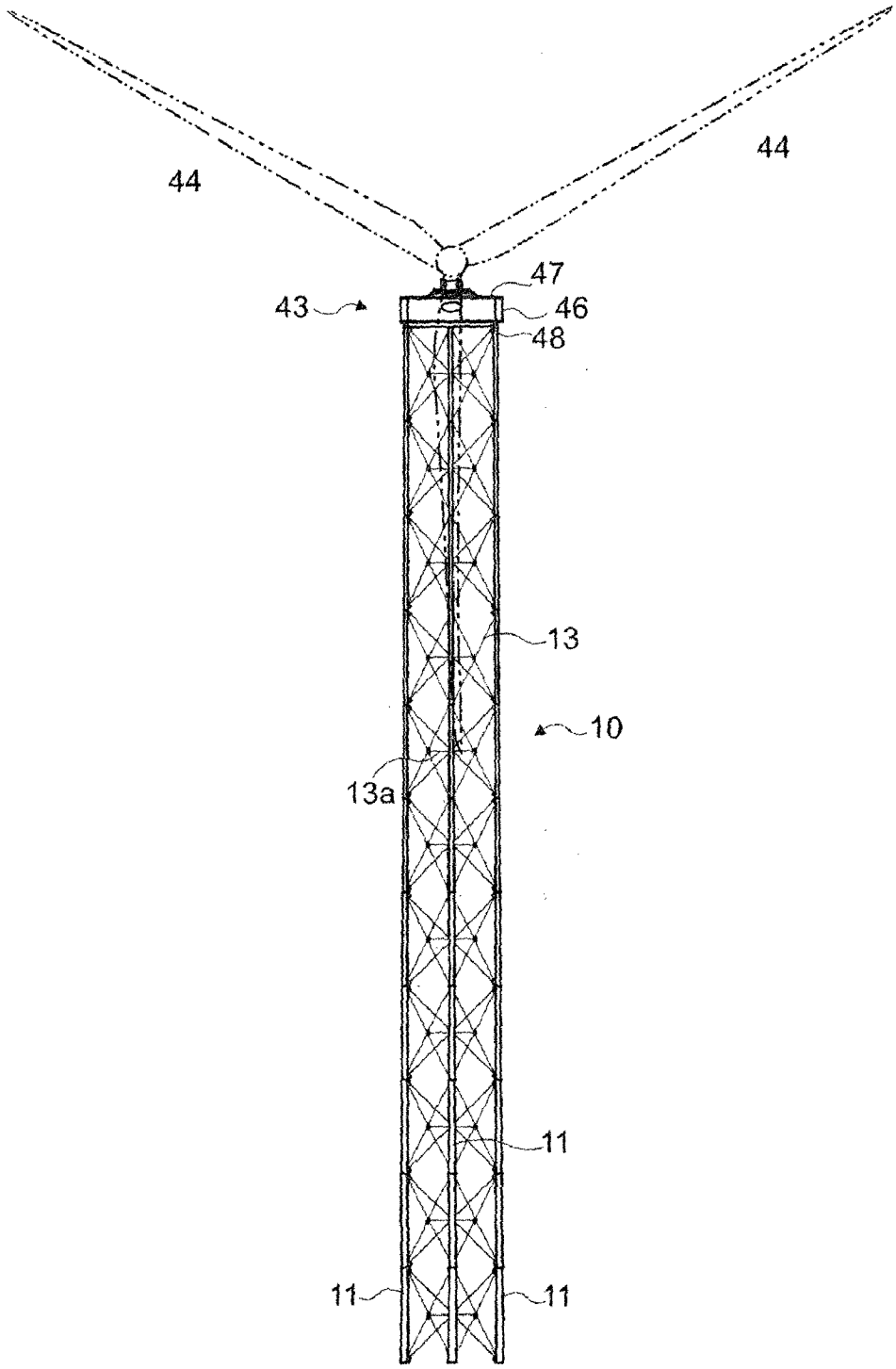


FIG. 22

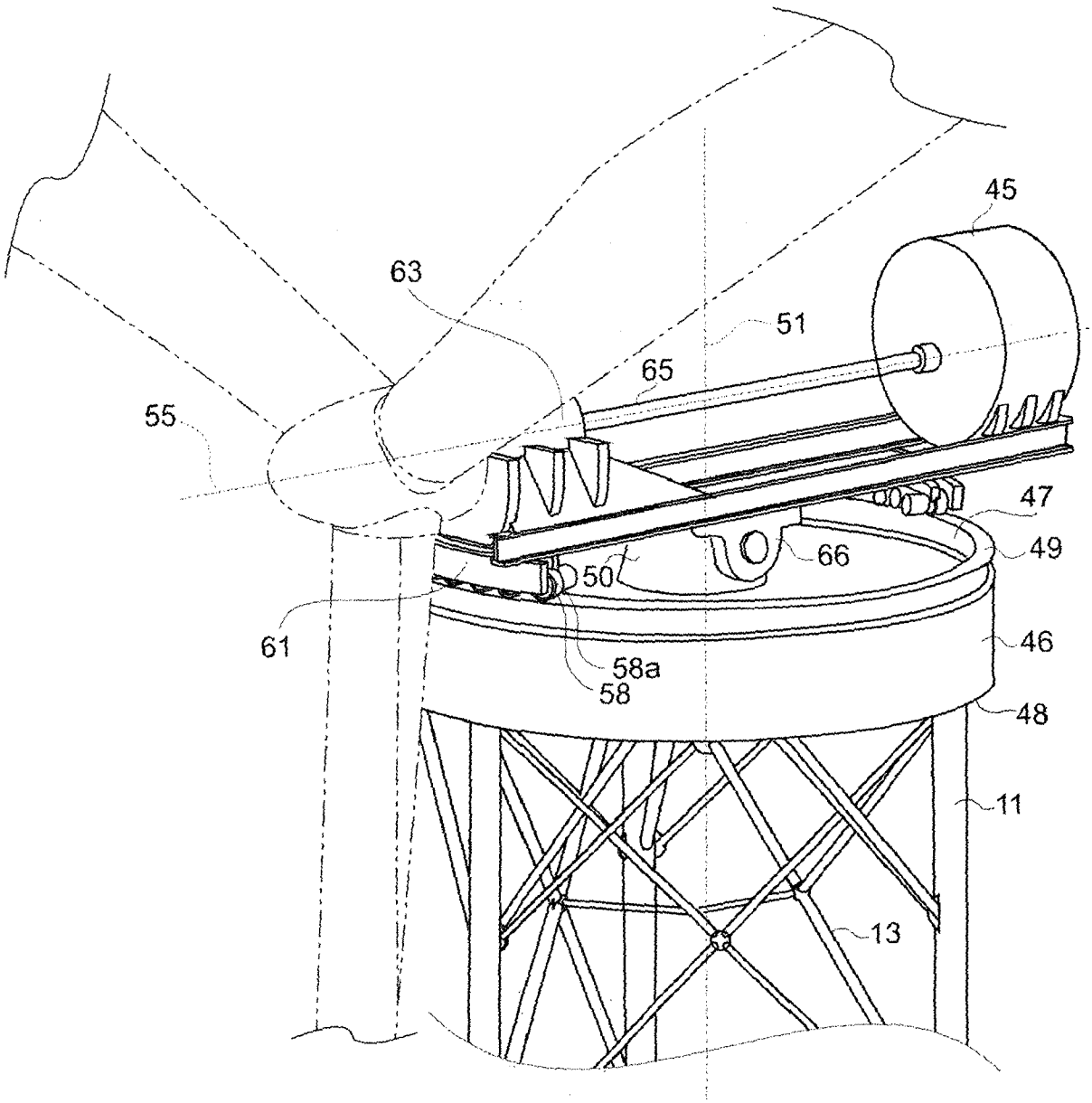


FIG. 23

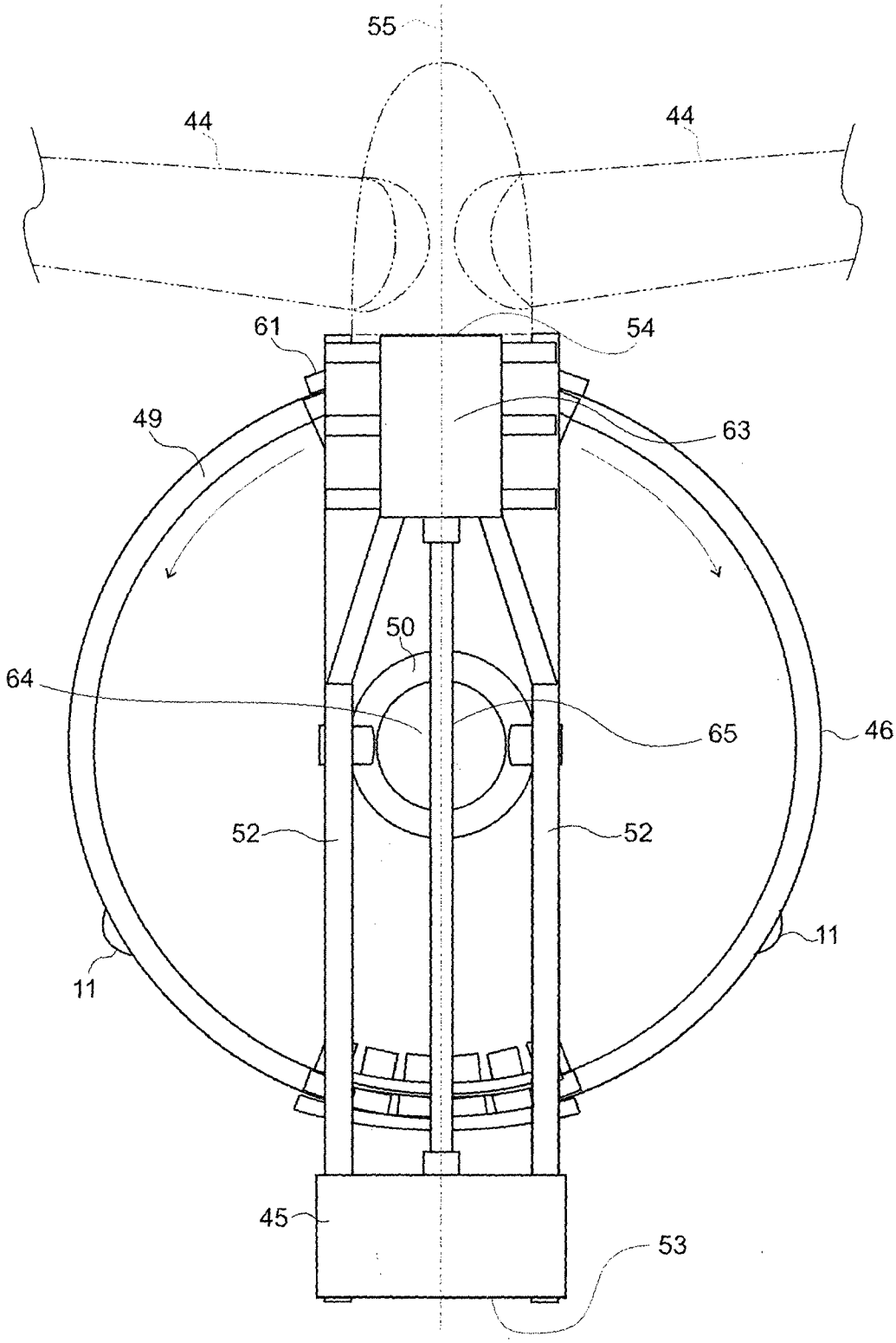


FIG. 24

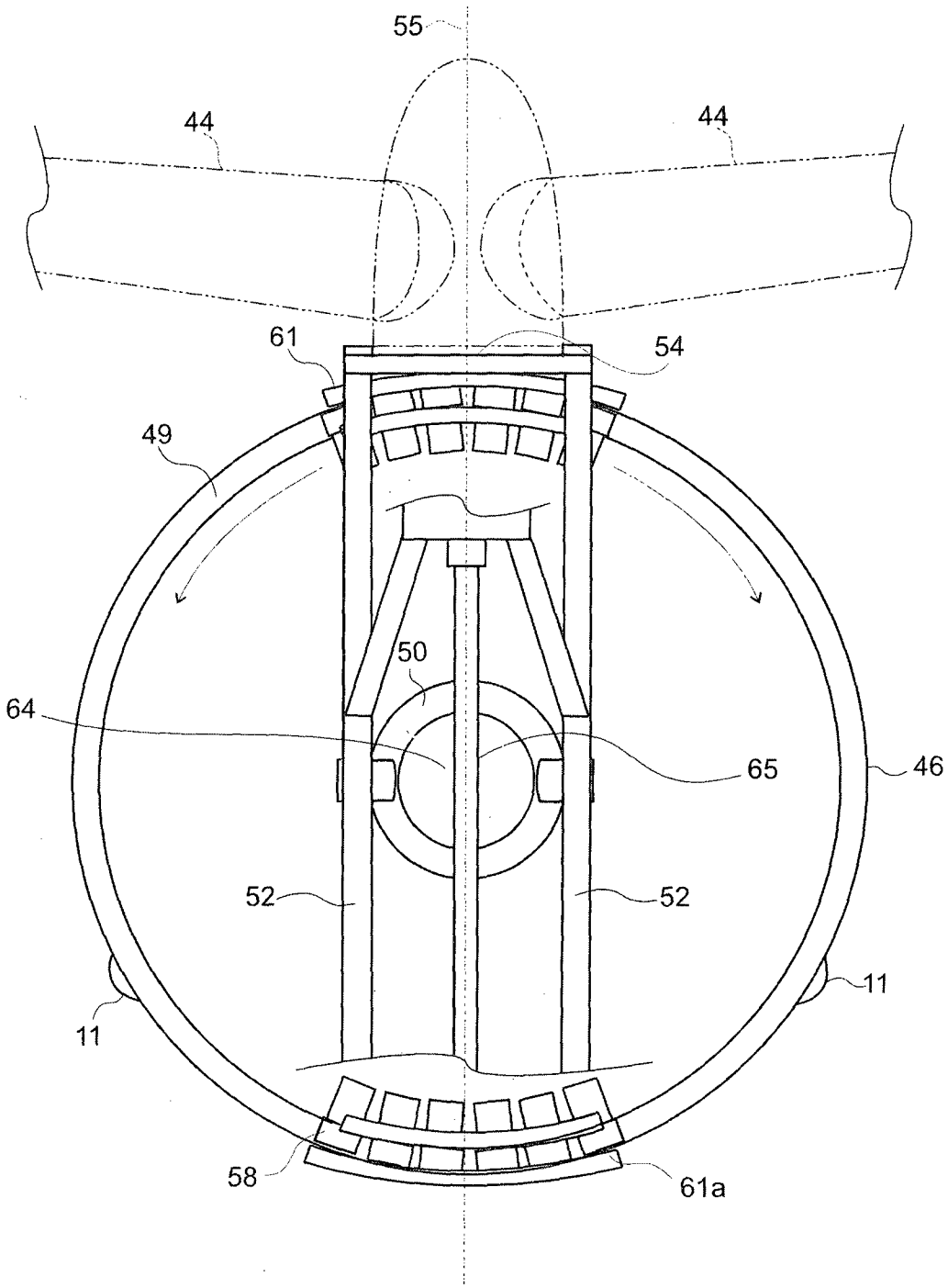


FIG. 25

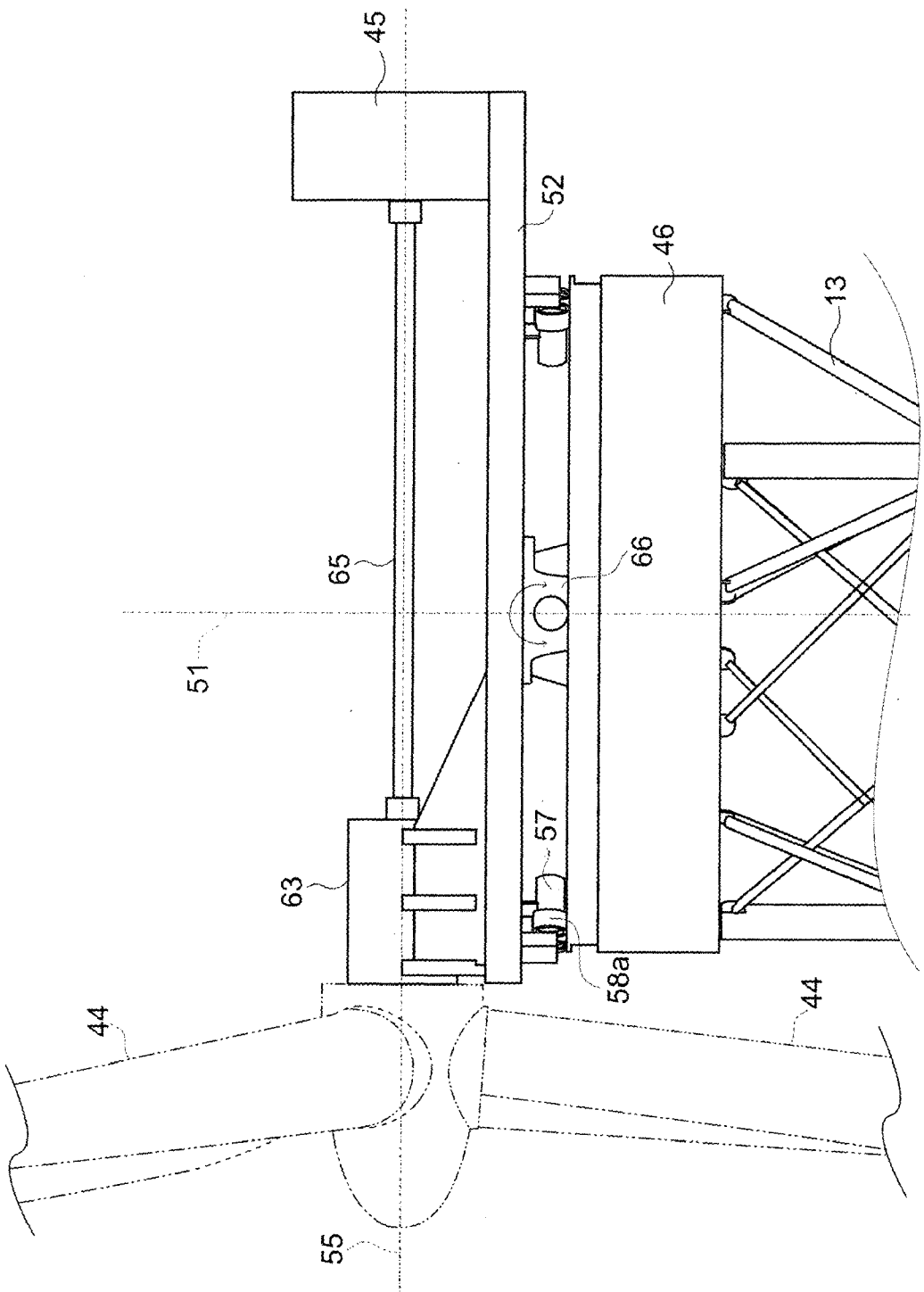


FIG. 26

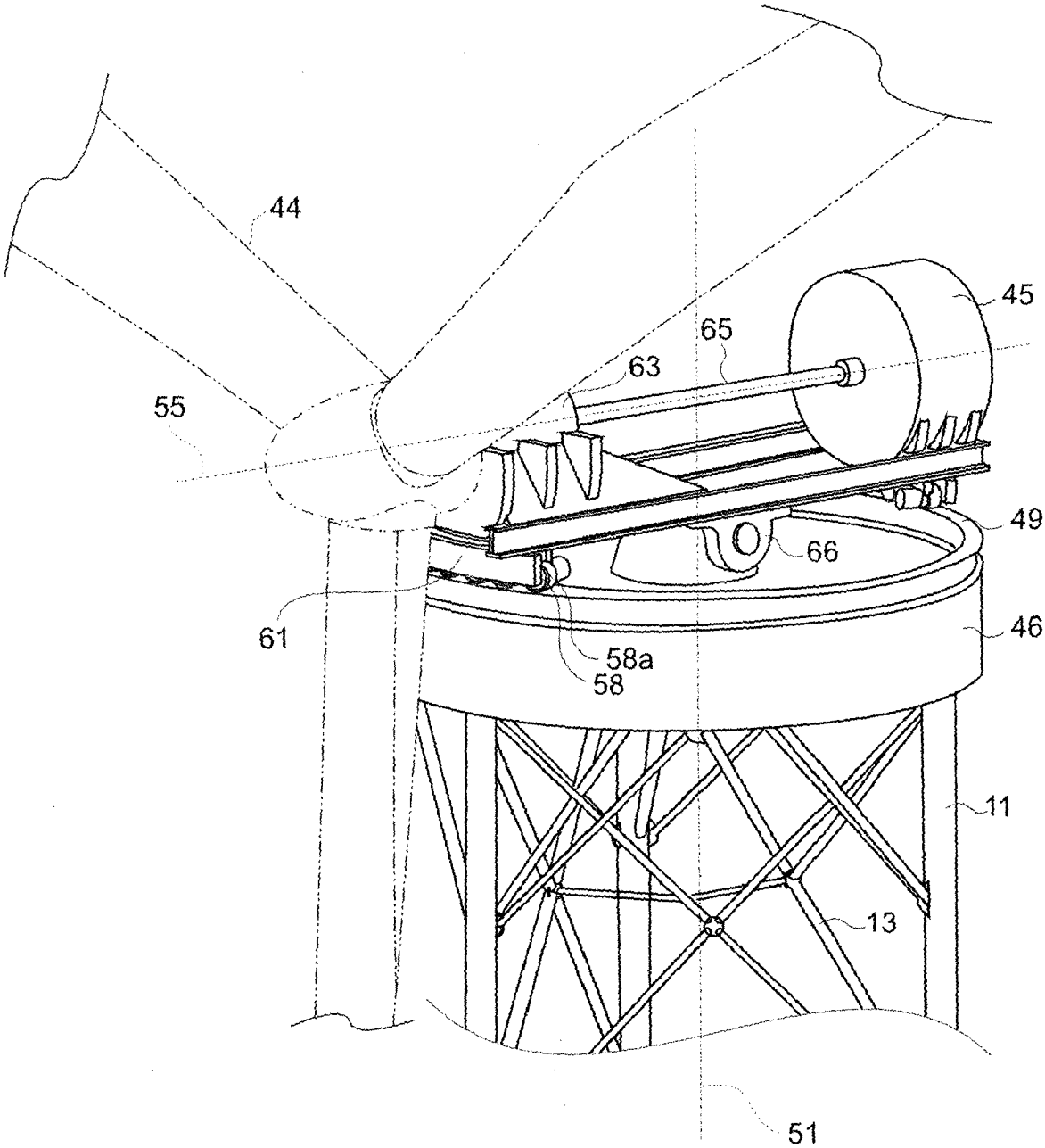


FIG. 27

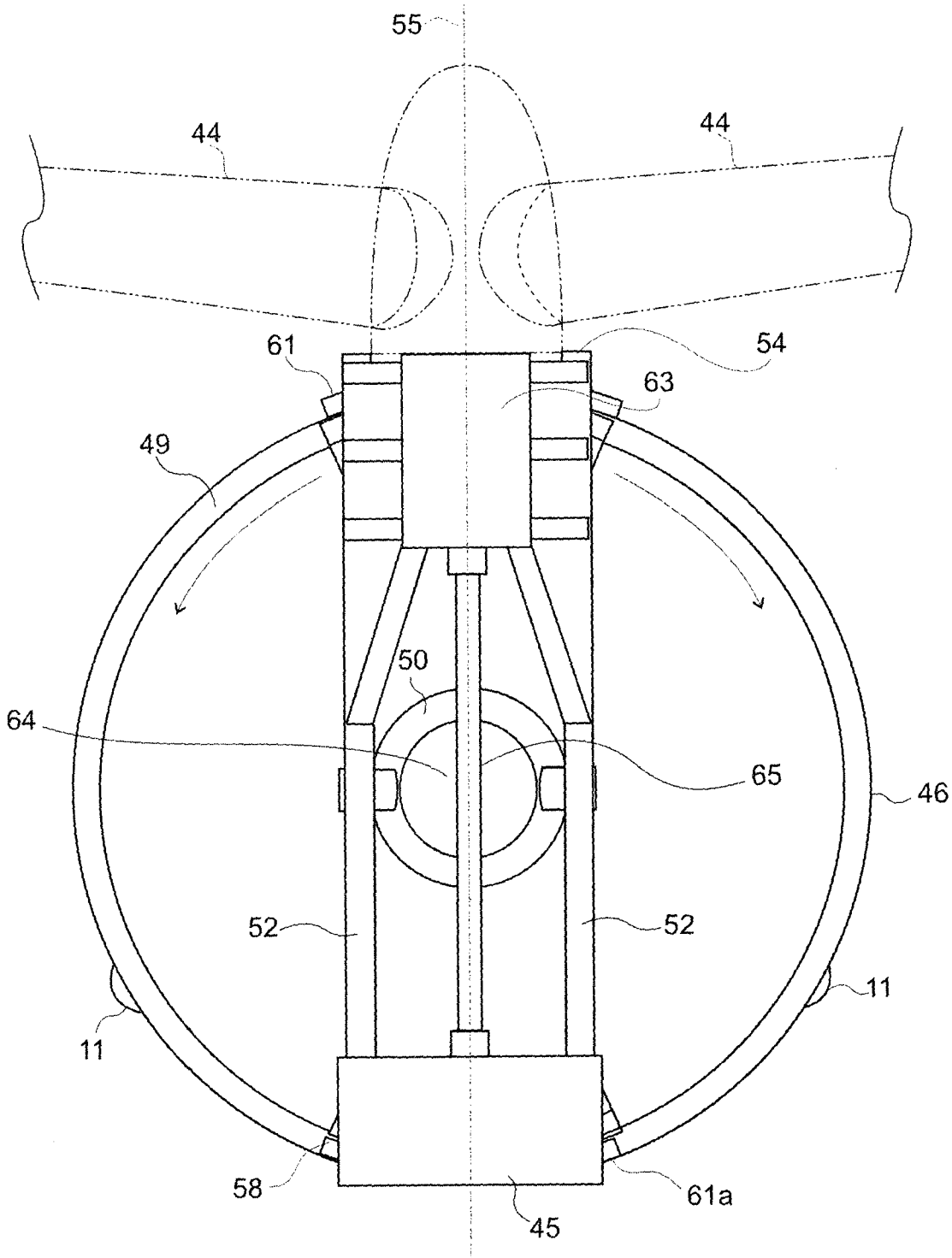


FIG. 28

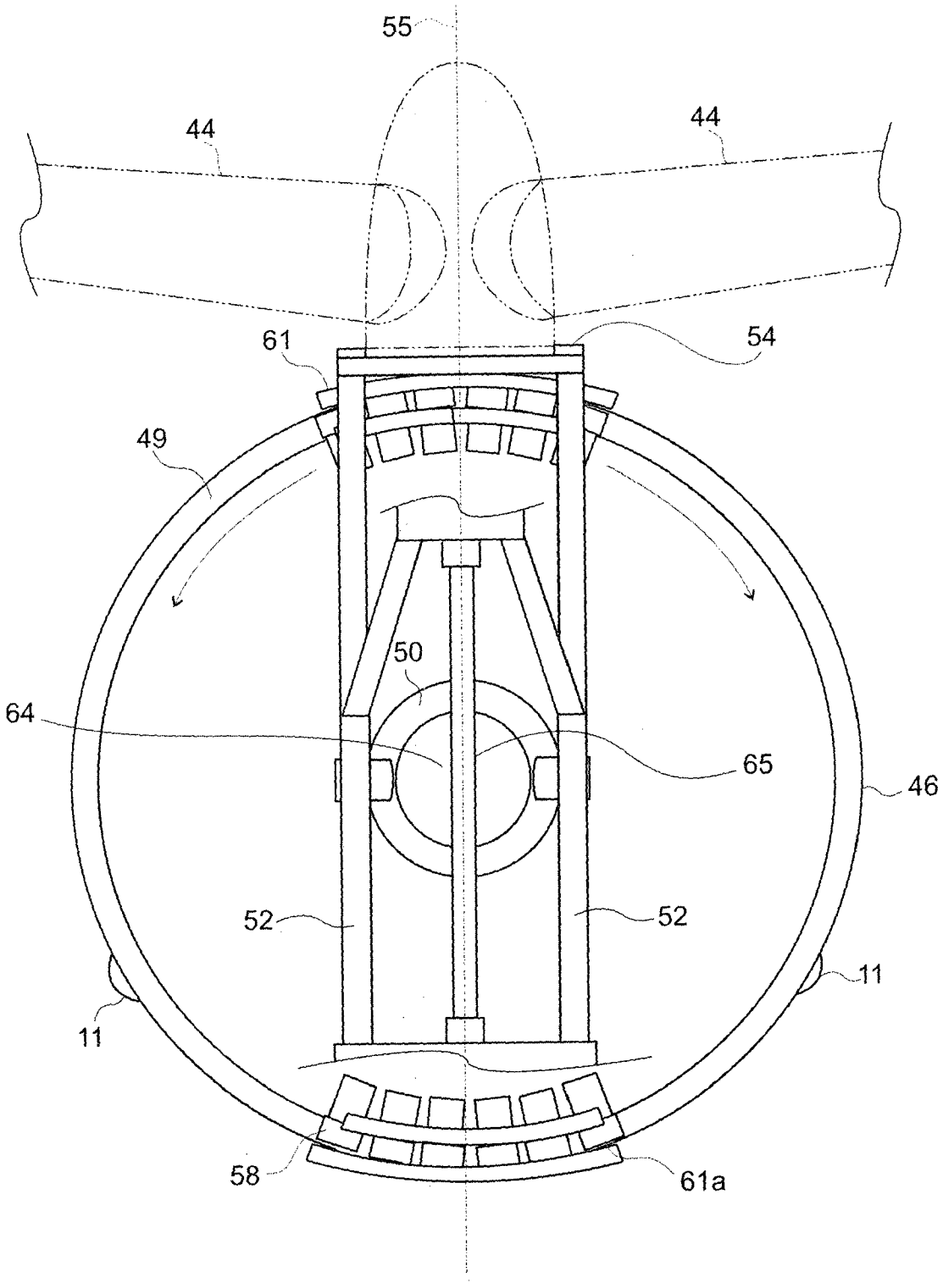


FIG. 29

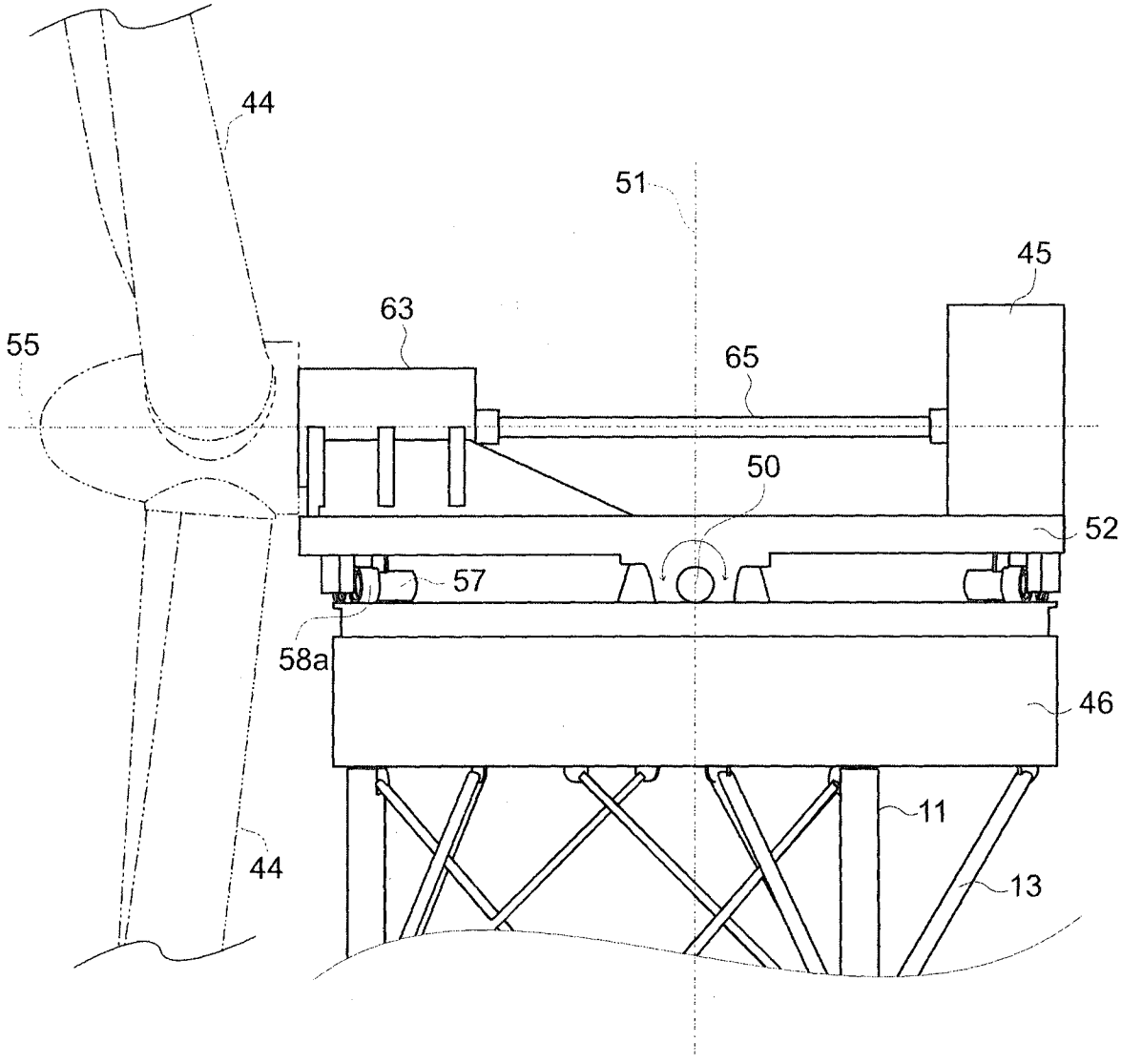


FIG. 30

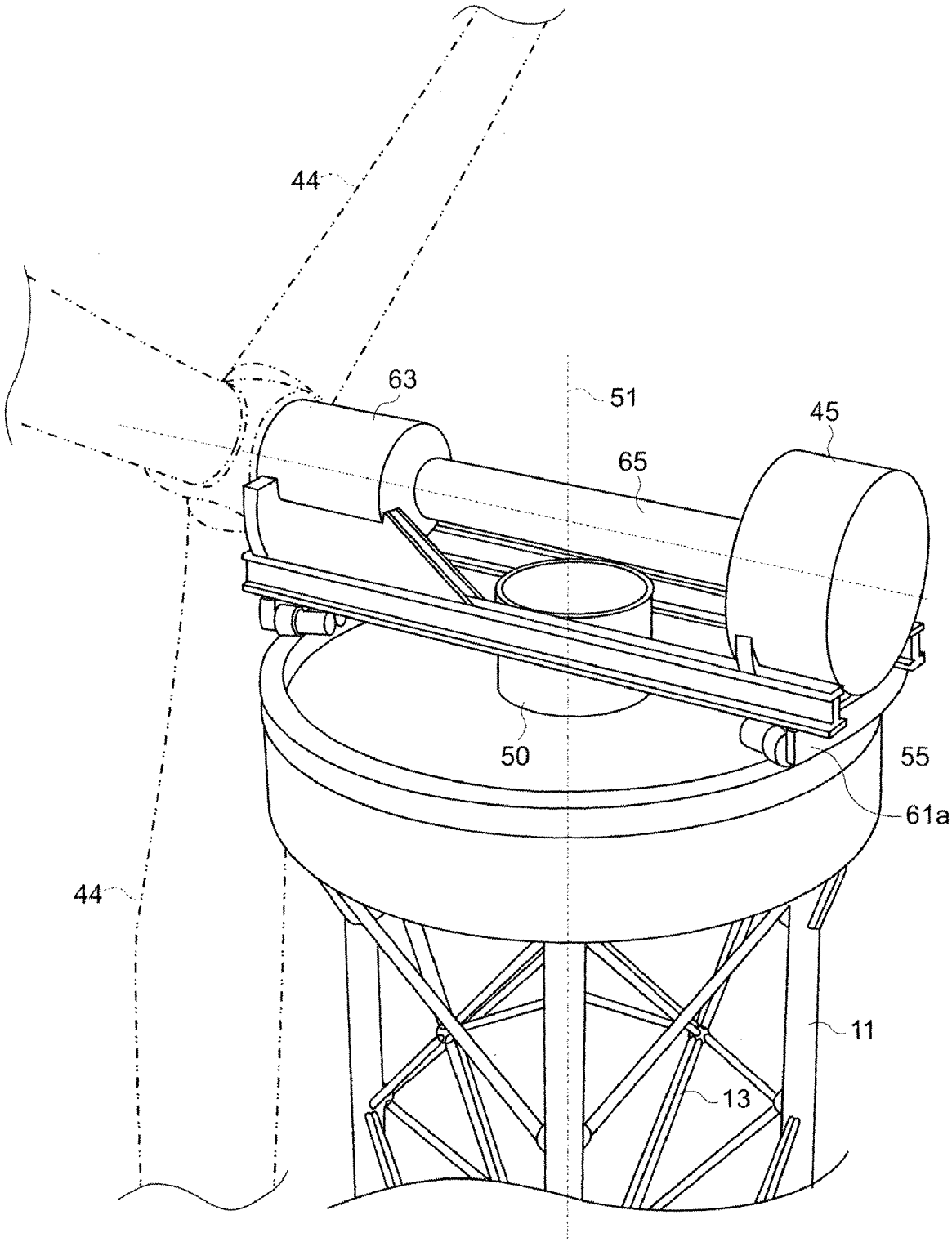


FIG. 31

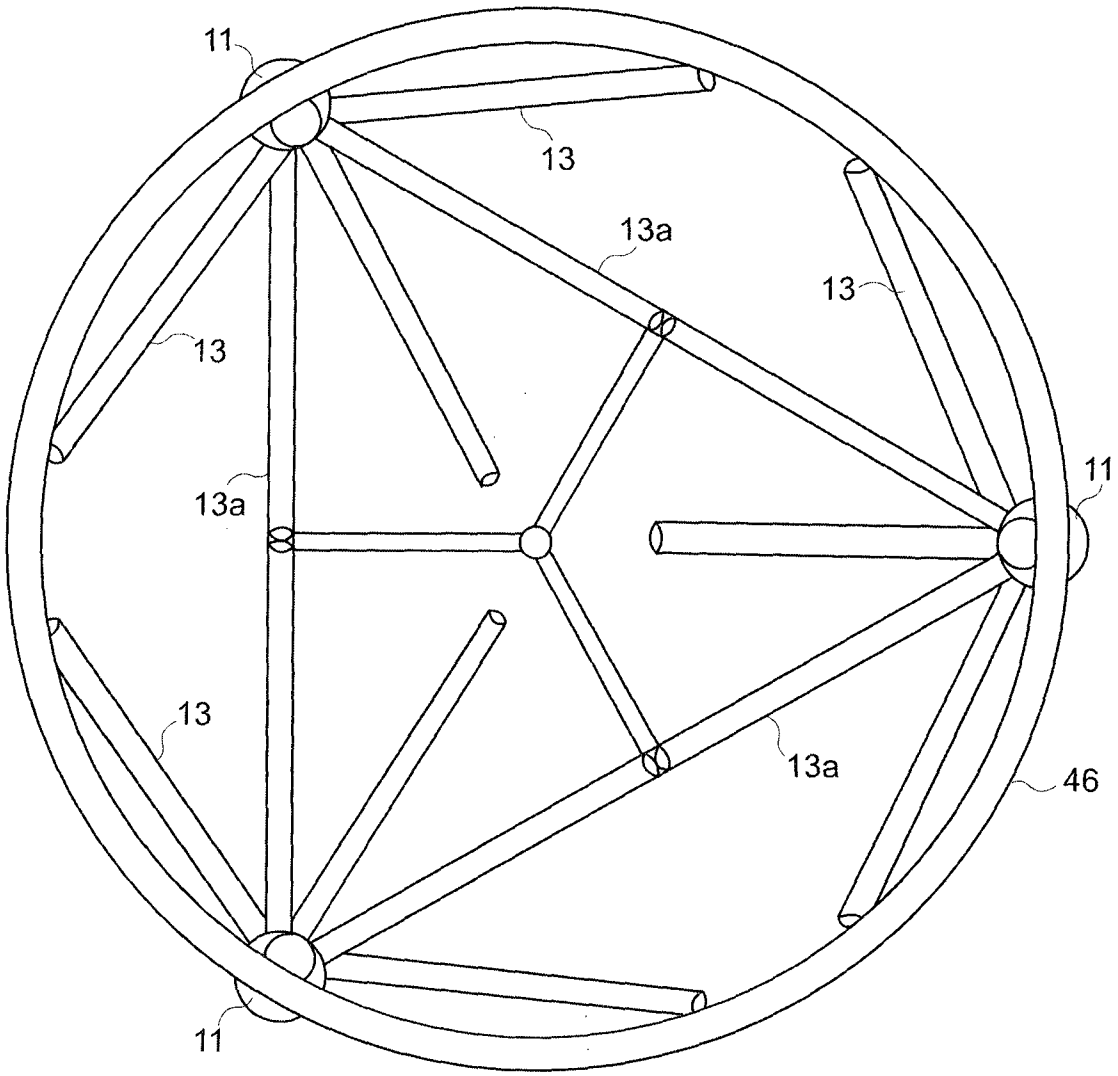


FIG. 32

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/BR2013/000036

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E04H 12/10 (2006.01), F03D 1/00 (2006.01), E04C 3/04 (2006.01)

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

E04H 12/10; F03D 1/00; E04C 3/04

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

SINPI (banco de patentes INPI - BR), google patents

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

EPODOC, ESPACENET

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A Y	**US 2009249707 A1** **08 October 2009 (2009- 10-08)** **(paragraphs: 11, 13, 15, 16, 19, 31, 32, 33, 36, 37, 42, 48, 49 e 50; e, figures)**	6-9, 25-36 1-5, 10-24
A Y	**WO 2012042309 AI (DE ABREU PAULO EMMANUEL [BR])** **05 April 2012 (2012-04-05)** **(abstract, paragraphs: 8, 14, 21, 22, 24, 26, 27 e 32; e, figures)**	6-9, 25-36 1-5, 10-24
A	**BR 9606177 A (SECCIONAL TECNOLOGIA E ENGENHA [BR])** **24 March 1998 (1998-03-24)** **(descriptive report page 4, lines 4 a 7 e lines 19 a 25; figures)**	1-36
A	**EP 2302136 AI (GEN ELECTRIC [US])** **30 March 2011 (2011-03-30)** **(the whole document)**	1-36

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C. [X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
25/03/2013	090513

Name and mailing address of the ISA/ **BR**	Authorized officer
INPI INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL Rua Sao Bento nº 1, 17º andar cep: 20090-010, Centro - Rio de Janeiro/RJ	**Ian Nascimento Vieira**
Facsimile No. +55 21 3037-3663	Telephone No. +55 21 3037-3493/3742

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/BR2013/000036

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 2280138 A2 (SCHRADER TERRY [US]) 02 February 2011 (2011-02-02) (the whole document)	1-36
A	EP 2290237 A2 (AKER JACKET TECHNOLOGY AS [NO]) 02 March 2011 (2011-03-02) (the whole document)	1-36
A	US 4848966 A (AKER ENG AS [NO]) 18 July 1989 (1989-07-18) (the whole document)	1-36
A	US 5832688 A 10 November 1998 (1998-11-10) (the whole document)	1-36
A	WO 9955989 A1 (HAYES MICHAEL D [ZA]) 04 November 1999 (1999-11-04) (the whole document)	1-36
A	BR 7800045 U (MÁRIO ARMANDO ARANTES [BR]) 07 December 1999 (1999- 12-07) (the whole document)	1-36
A	BR 8302710 U (PROSYSTEM ENGENHARIA LTDA [BR]) 14 June 2005 (2005-06-14) (the whole document)	1-36
A	US 6702522 B2 09 March 2004 (2004-03-09) (the whole document)	1-36
A	US 6710751 B2 (PIROD INC [US]) 23 March 2004 (2004-03-23) (the whole document)	1-36
A	US 8203230 B2 (GEN ELECTRIC [US]) 19 June 2012 (2012-06-19) (the whole document)	1-36
A	US 2011140439 A1 16 June 2011 (2011-06-16) (the whole document)	1-36

US 2009249707 A1	2009-10-08	US 2009250939 A1	2009-10-08
		WO 2009126696 A1	2009-10-15
WO 2012042309 A1	2012-04-05	Nenhum	
BR 9606177 A	1998-03-24	Nenhum	
EP 2302136 A1	2011-03-30	AU 2010202904 A1	2011-01-27
		CA 2708773 A1	2011-01-08
		CN 101956677 A	2011-01-26
		JP 2011017245 A	2011-01-27
		KR 20110004797 A	2011-01-14
		US 2010132270 A1	2010-06-03
EP 2280138 A2	2011-02-02	CA 2635656 A1	2007-08-16
		CA 2663754 A1	2008-07-24
		CN 101432216 A	2009-05-13
		CN 101535582 A	2009-09-16
		EP 1974111 A2	2008-10-01
		EP 2069591 A2	2009-06-17
		EP 2280138 A3	2011-11-16
		US 2007151194 A1	2007-07-05
		US 7877934 B2	2011-02-01
		US 2008078128 A1	2008-04-03
		US 8069634 B2	2011-12-06
		US 2008080946 A1	2008-04-03
		US 2010236161 A1	2010-09-23
		WO 2007092106 A2	2007-08-16
		WO 2008088408 A2	2008-07-24
EP 2290237 A2	2011-03-02	NO 330373 B1	2011-04-04
US 4848966 A	1989-07-18	GB 8809226 D0	1988-05-25
		GB 2203783 A	1988-10-26
		NO 881475 D0	1988-04-06
		NO 164256 B	1990-06-05
US 5832688 A	1998-11-10	CA 2211807 A1	1998-02-28
WO 9955989 A1	1999-11-04	BR 9906317 A	2000-07-11
		CN 1263580 A	2000-08-16
		CN 1128916 C	2003-11-26
		ZA 9803648 A	1999-02-24
BR 7800045 U	1999-12-07	Nenhum	
BR 8302710 U	2005-06-14	Nenhum	
US 6702522 B2	2004-03-09	AU 3594201 A	2001-09-03
		CA 2400958 A1	2001-08-30
		EP 1427893 A2	2004-06-16
		IL 134724 D0	2001-04-30
		US 2003021636 A1	2003-01-30

		WO 0163056 A2	2001-08-30
US 6710751 B2	2004-03-23	US 2004032375 A1	2004-02-19
		WO 03009416 A1	2003-01-30
US 8203230 B2	2012-06-19	AU 2011203135 A1	2012-01-19
		CA 2744223 A1	2011-12-29
		CN 102312795 A	2012-01-11
		EP 2402599 A2	2012-01-04
		JP 2012013078 A	2012-01-19
		KR 20120001652 A	2012-01-04
		US 2011316286 A1	2011-12-29
US 2011140439 A1	2011-06-16	CN 102374122 A	2012-03-14
		EP 2416006 A2	2012-02-08
		US 8310080 B2	2012-11-13

RELATÓRIO DE PESQUISA INTERNACIONAL

Depósito internacional Nº
PCT/BR2013/000036

A. CLASSIFICAÇÃO DO OBJETO
E04H 12/10 (2006.01), F03D 1/00 (2006.01), E04C 3/04 (2006.01)

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

B. DOMÍNIOS ABRANGIDOS PELA PESQUISA

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

E04H 12/10; F03D 1/00; E04C 3/04

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

SINPI (banco de patentes INPI - BR), google patents

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

EPODOC, ESPACENET

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoria*	Documentos citados, com indicação de partes relevantes, se apropriado	Relevante para as reivindicações Nº
A Y	US 2009249707 A1 08 outubro 2009 (2009-10-08) (parágrafos: 11, 13, 15, 16, 19, 31, 32, 33, 36, 37, 42, 48, 49 e 50; e, figuras)	6-9, 25-36 1-5, 10-24
A Y	WO 2012042309 A1 (DE ABREU PAULO EMMANUEL [BR]) 05 abril 2012 (2012-04-05) (resumo, parágrafos: 8, 14, 21, 22, 24, 26, 27 e 32; e, figuras)	6-9, 25-36 1-5, 10-24
A	BR 9606177 A (SECCIONAL TECNOLOGIA E ENGENHA [BR]) 24 março 1998 (1998-03-24) (relatório descritivo página 4, linhas 4 a 7 e linhas 19 a 25; figuras)	1-36
A	EP 2302136 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 30 março 2011 (2011-03-30) (todo o documento)	1-36

☒ Documentos adicionais estão listados na continuação do quadro C ☒ Ver o anexo de famílias das patentes

* Categorias especiais dos documentos citados:

"A" documento que define o estado geral da técnica, mas não é considerado de particular relevância.

"E" pedido ou patente anterior, mas publicada após ou na data do depósito internacional

"L" documento que pode lançar dúvida na(s) reivindicação(ões) de prioridade ou na qual é citado para determinar a data de outra citação ou por outra razão especial

"O" documento referente a uma divulgação oral, uso, exibição ou por outros meios.

"P" documento publicado antes do depósito internacional, porém posterior a data de prioridade reivindicada.

"T" documento publicado depois da data de depósito internacional, ou de prioridade e que não conflita como depósito, porém citado para entender o princípio ou teoria na qual se baseia a invenção.

"X" documento de particular relevância; a invenção reivindicada não pode ser considerada nova e não pode ser considerada envolver uma atividade inventiva quando o documento é considerado isoladamente.

"Y" documento de particular relevância; a invenção reivindicada não pode ser considerada envolver atividade inventiva quando o documento é combinado comum outro documento ou mais de um, tal combinação sendo óbvia para um técnico no assunto.

"&" documento membro da mesma família de patentes.

Data da conclusão da pesquisa internacional	Data do envio do relatório de pesquisa internacional:
25/03/2013	090513

Nome e endereço postal da ISA/BR	Funcionário autorizado
INPI INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL Rua Sao Bento nº 1, 17º andar cep: 20090-010, Centro - Rio de Janeiro/RJ	**Ian Nascimento Vieira**
Nº de fax: +55 21 3037-3663	Nº de telefone: +55 21 3037-3493/3742

RELATÓRIO DE PESQUISA INTERNACIONAL

Depósito internacional Nº
PCT/BR2013/000036

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoria*	Documentos citados, com indicação de partes relevantes, se apropriado	Relevante para as reivindicações Nº
A	EP 2280138 A2 (SCHRADER TERRY [US]) 02 fevereiro 2011 (2011-02-02) (todo o documento)	1-36
A	EP 2290237 A2 (AKER JACKET TECHNOLOGY AS [NO]) 02 março 2011 (2011-03-02) (todo o documento)	1-36
A	US 4848966 A (AKER ENG AS [NO]) 18 julho 1989 (1989-07-18) (todo o documento)	1-36
A	US 5832688 A 10 novembro 1998 (1998-11-10) (todo o documento)	1-36
A	WO 9955989 A1 (HAYES MICHAEL D [ZA]) 04 novembro 1999 (1999-11-04) (todo o documento)	1-36
A	BR 7800045 U (MARIO ARMANDO ARANTES [BR]) 07 dezembro 1999 (1999-12-07) (todo o documento)	1-36
A	BR 8302710 U (PROSYSTEM ENGENHARIA LTDA [BR]) 14 junho 2005 (2005-06-14) (todo o documento)	1-36
A	US 6702522 B2 09 março 2004 (2004-03-09) (todo o documento)	1-36
A	US 6710751 B2 (PIROD INC [US]) 23 março 2004 (2004-03-23) (todo o documento)	1-36
A	US 8203230 B2 (GEN ELECTRIC [US]) 19 junho 2012 (2012-06-19) (todo o documento)	1-36
A	US 2011140439 A1 16 junho 2011 (2011-06-16) (todo o documento)	1-36

RELATÓRIO DE PESQUISA INTERNACIONAL
Informação relativa a membros da família da patentes

Depósito internacional Nº
PCT/BR2013/000036

Documentos de patente citados no relatório de pesquisa	Data de publicação	Membro(s) da família de patentes	Data de publicação
US 2009249707 A1	2009-10-08	US 2009250939 A1	2009-10-08
		WO 2009126696 A1	2009-10-15
WO 2012042309 A1	2012-04-05	Nenhum	
BR 9606177 A	1998-03-24	Nenhum	
EP 2302136 A1	2011-03-30	AU 2010202904 A1	2011-01-27
		CA 2708773 A1	2011-01-08
		CN 101956677 A	2011-01-26
		JP 2011017245 A	2011-01-27
		KR 20110004797 A	2011-01-14
		US 2010132270 A1	2010-06-03
EP 2280138 A2	2011-02-02	CA 2635656 A1	2007-08-16
		CA 2663754 A1	2008-07-24
		CN 101432216 A	2009-05-13
		CN 101535582 A	2009-09-16
		EP 1974111 A2	2008-10-01
		EP 2069591 A2	2009-06-17
		EP 2280138 A3	2011-11-16
		US 2007151194 A1	2007-07-05
		US 7877934 B2	2011-02-01
		US 2008078128 A1	2008-04-03
		US 8069634 B2	2011-12-06
		US 2008080946 A1	2008-04-03
		US 2010236161 A1	2010-09-23
		WO 2007092106 A2	2007-08-16
		WO 2008088408 A2	2008-07-24
EP 2290237 A2	2011-03-02	NO 330373 B1	2011-04-04
US 4848966 A	1989-07-18	GB 8809226 D0	1988-05-25
		GB 2203783 A	1988-10-26
		NO 881475 D0	1988-04-06
		NO 164256 B	1990-06-05
US 5832688 A	1998-11-10	CA 2211807 A1	1998-02-28
WO 9955989 A1	1999-11-04	BR 9906317 A	2000-07-11
		CN 1263580 A	2000-08-16
		CN 1128916 C	2003-11-26
		ZA 9803648 A	1999-02-24
BR 7800045 U	1999-12-07	Nenhum	
BR 8302710 U	2005-06-14	Nenhum	
US 6702522 B2	2004-03-09	AU 3594201 A	2001-09-03
		CA 2400958 A1	2001-08-30
		EP 1427893 A2	2004-06-16
		IL 134724 D0	2001-04-30
		US 2003021636 A1	2003-01-30

RELATÓRIO DE PESQUISA INTERNACIONAL
Informação relativa a membros da família da patentes

Depósito internacional Nº
PCT/BR2013/000036

Documentos de patente citados no relatório de pesquisa	Data de publicação	Membro(s) da família de patentes	Data de publicação
		WO 0163056 A2	2001-08-30
US 6710751 B2	2004-03-23	US 2004032375 A1	2004-02-19
		WO 03009416 A1	2003-01-30
US 8203230 B2	2012-06-19	AU 2011203135 A1	2012-01-19
		CA 2744223 A1	2011-12-29
		CN 102312795 A	2012-01-11
		EP 2402599 A2	2012-01-04
		JP 2012013078 A	2012-01-19
		KR 20120001652 A	2012-01-04
		US 2011316286 A1	2011-12-29
US 2011140439 A1	2011-06-16	CN 102374122 A	2012-03-14
		EP 2416006 A2	2012-02-08
		US 8310080 B2	2012-11-13