

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 984 317**

51 Int. Cl.:

B63B 1/10	(2006.01)	E02B 17/02	(2006.01)
B63B 27/10	(2006.01)		
B66C 1/10	(2006.01)		
B66C 23/52	(2006.01)		
E02B 17/00	(2006.01)		
F03D 13/25	(2006.01)		
F03D 13/10	(2006.01)		
B66C 23/18	(2006.01)		
B63B 35/00	(2010.01)		
F03D 13/40	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.06.2019** **PCT/NL2019/050376**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **26.12.2019** **WO19245366**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.06.2019** **E 19743069 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.01.2024** **EP 3810926**

54 Título: **Método y nave para la instalación de una turbina eólica**

30 Prioridad:

19.06.2018 US 201862687117 P
20.06.2018 NL 2021157

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.10.2024

73 Titular/es:

HEEREMA MARINE CONTRACTORS
NEDERLAND SE (100.0%)
47, Vondellaan
2332 AA Leiden, NL

72 Inventor/es:

VAN HINTUM, ERIK FREDERICUS MARIA;
VERVOORT, THIJS JOHANNES SEBASTIANUS;
VAN DRUNEN, JORIS;
LAGERWERF, JACOB-JAN;
VAN MIERLO, RIK WESSEL;
STAMMEIJER, PIETER y
SCHOT, JOHAN PIETER

74 Agente/Representante:

SUGRAÑES, S.L.P.

ES 2 984 317 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método y nave para la instalación de una turbina eólica

5 CAMPO DE LA INVENCION

[0001] La invención se refiere a un método para instalar una turbina eólica marina con una nave de instalación, en particular, una nave de instalación flotante. La presente también se refiere a la nave de instalación.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0002] En el campo de la instalación de turbinas eólicas marinas, existen varios métodos de instalación.

15 [0003] Muchos requisitos y consideraciones se aplican a los métodos de instalación de turbinas eólicas marinas. Por ejemplo, el tiempo total de instalación es un factor importante en el coste de instalación. Además, las condiciones climáticas pueden impedir la instalación y, por esta razón, el tiempo de instalación debe ser corto.

20 [0004] Asimismo, las cuestiones de seguridad son importantes. Los métodos de instalación en alta mar generalmente conllevan un cierto riesgo para el personal, y este riesgo debe minimizarse.

25 [0005] Asimismo, es necesario llevar a cabo muchas etapas de instalación diferentes. En conjunto, la instalación de turbinas eólicas en el mar es bastante compleja, y reducir la complejidad puede dar como resultado una reducción de costes y un aumento de la seguridad. La complejidad también tiene implicaciones para el diseño de cubierta de una nave de instalación. Para cualquier nave, el espacio de cubierta disponible es limitado. Además, la nave se coloca típicamente adyacente al área objetivo donde se instalará la turbina eólica. Esto implica que una parte de la cubierta está cerca del área objetivo mientras que otras partes de la cubierta están más alejadas del área objetivo. En general, es ventajoso realizar las operaciones de elevación desde una parte de la cubierta que está cerca del área objetivo. Esto implica que también es ventajoso ensamblar las partes en esta área de cubierta cerca del área objetivo adyacente a la nave. Al mismo tiempo, generalmente no es deseable cambiar la disposición de la cubierta durante la operación.

30 [0006] Si las partes de la turbina eólica necesitan moverse muchas veces durante la instalación, y la disposición de la cubierta de la nave de instalación necesita cambiarse por este motivo, esto en sí mismo da lugar a una complejidad, lo que a su vez puede dar como resultado un aumento de los costes y posiblemente una reducción de la seguridad para el personal. Por lo tanto, existe una necesidad general de una disposición de cubierta simple y ordenada que no necesite cambiarse y que dé como resultado un proceso de instalación eficiente.

35 [0007] Asimismo, existe una tendencia general a que las turbinas eólicas tengan dimensiones cada vez mayores. La potencia total de una sola turbina eólica ha aumentado de 1 megavatio a 10 megavatios en los últimos años, con dimensiones crecientes asociadas. Se está desarrollando un aumento adicional en tamaño a 12 MW, y se esperan aumentos adicionales.

40 [0008] Este desarrollo también significa que la longitud de las palas aumenta. Para las turbinas eólicas más grandes (12 MW) que están actualmente instaladas o en desarrollo, las palas pueden tener una longitud superior a 100 m. El manejo de las palas se vuelve cada vez más difícil con estas longitudes crecientes.

45 [0009] También, la profundidad del agua a la que se instalan las turbinas eólicas en el mar ha aumentado a lo largo de los años. Las plataformas autoelevables tienen limitaciones en lo que respecta a la profundidad del agua y un aumento en la profundidad del agua requiere plataformas autoelevables más grandes para mantener la estabilidad. El tiempo de elevación de una plataforma autoelevable también aumentará con el aumento de la profundidad del agua, lo que da lugar a mayores costes. Además, la mayor profundidad del agua da como resultado cimientos más grandes que son más difíciles de instalar.

50 [0010] Asimismo, existe un aspecto logístico importante para los métodos de instalación de turbinas eólicas en el mar. La propia nave de instalación es generalmente bastante grande y costosa en cuanto al funcionamiento. Por esta razón, generalmente se requiere que la nave de instalación permanezca en la ubicación objetivo y esté en funcionamiento continuamente, con poco o ningún tiempo de inactividad. No obstante, ya que en la mayoría de los proyectos es necesario instalar múltiples turbinas eólicas, la nave de transporte necesita moverse de una ubicación objetivo a la siguiente cada vez. Por lo tanto, siempre se requerirá un cierto tiempo de transporte entre instalaciones posteriores. Las plataformas autoelevables a menudo navegan a los patios de clasificación para cargar componentes, y esto lleva tiempo y da como resultado costes más altos. Como alternativa, los componentes pueden cargarse en la plataforma autoelevable en el mar, pero esto a menudo requiere un ciclo de elevación/descenso de la plataforma autoelevable, lo que lleva tiempo y también da como resultado costes más altos.

55 [0011] Además, existe una consideración general de qué partes de la turbina eólica deben ensamblarse en tierra y qué partes deben ensamblarse en el mar. Son posibles muchas combinaciones diferentes.

[0012] Todas estas consideraciones hacen que sea bastante difícil crear un método de instalación que sea simple, rápido, seguro y, al mismo tiempo, rentable.

[0013] El documento WO2013/095136A1 divulga un método de instalación en el que se usa una plataforma autoelevable. La plataforma autoelevable comprende una cubierta sobre la que está dispuesta una estructura de instalación. En el método, un conjunto de buje-góndola se coloca en la estructura de instalación. Esta operación de elevación se lleva a cabo con una grúa principal. El conjunto buje-góndola comprende la góndola y el buje.

[0014] A continuación, las palas se conectan al buje. Esta operación se lleva a cabo con una grúa secundaria. Las palas están conectadas al buje en una orientación inclinada, a aproximadamente 30° con respecto a la horizontal.

[0015] Durante la conexión de las palas al buje, varios segmentos de mástil 11 de la turbina eólica están instalados sobre los cimientos, véase en particular la figura 1g del documento WO2013/095136A1.

[0016] Cuando el mástil se ha completado y las palas se han conectado al conjunto de góndola superior, la grúa levanta el conjunto buje-góndola completo, incluidas las palas, sobre el mástil.

[0017] Aunque este método parece funcionar, en la presente invención se reconoce que este método tiene una serie de inconvenientes.

[0018] Primero, el manejo de las palas es bastante engorroso y carece de control y precisión. Esto puede no ser un problema en el caso de palas relativamente pequeñas, pero las turbinas eólicas se vuelven cada vez más grandes y el grado de control durante la manipulación de las palas no es suficiente para las palas modernas que pueden tener una longitud superior a 90 m. En particular, la punta exterior de la pala puede oscilar hacia adelante y hacia atrás, por ejemplo, debido a las fuerzas del viento que actúan sobre las palas. Aunque este problema se puede resolver con líneas de arrastre separadas, la sujeción de las líneas de arrastre lleva tiempo y el control de las líneas de arrastre puede ser complejo.

[0019] Asimismo, los extremos de raíz de las palas generalmente tienen un gran número de extremos roscados que deben insertarse en los orificios correspondientes en el buje. Esto requiere una colocación precisa de los extremos roscados. Cuando la pala es transportada por una grúa y controlada con líneas de arrastre, dicha colocación precisa puede ser difícil y pueden producirse colisiones, lo que da como resultado daños en los extremos roscados, los orificios, o más en general, daños en el buje, en la góndola o en la pala. Estos problemas pueden ser aceptables en una plataforma autoelevable, porque una plataforma autoelevable está sustancialmente inmóvil durante el procedimiento de instalación. Sin embargo, en una nave flotante, estos problemas se vuelven más importantes y plantean problemas graves.

[0020] Además, este método de instalación requiere que los cimientos de la turbina eólica se instalen sobre el lecho marino en una operación separada. Para esta parte de la instalación, se requiere otra nave porque generalmente no es eficiente instalar unos cimientos de este tipo con una plataforma autoelevable. Dado que la instalación de los cimientos se encuentra en la trayectoria crítica, el tiempo total de instalación se vuelve bastante largo.

[0021] Asimismo, las plataformas autoelevables tienen la desventaja inherente de que las patas autoelevables deben colocarse sobre el lecho marino cada vez que la plataforma autoelevable llega a una ubicación objetivo. Esto lleva tiempo y da como resultado costes relativamente altos.

[0022] Adicionalmente, Las patas autoelevables no son adecuadas para todas las condiciones del suelo, teniendo las patas y las zapatas el riesgo de atascarse en el suelo o perforarse durante la operación o el proceso de elevación/descenso. También en áreas con actividades sísmicas, el uso de una plataforma autoelevable es un riesgo.

[0023] Además de eso, la disposición de cables y la ubicación de la plataforma autoelevable deben ser tales que no haya choques con las patas y los cables.

[0024] El documento EP2275340A1 (también publicado como US2010/0293781A1) divulga una serie de diferentes métodos de instalación para instalar una turbina eólica en el mar con una plataforma autoelevable. En el método que se divulga en relación con las figuras 1-3E, un mástil en voladizo está colocado en la cubierta 13 de la plataforma autoelevable. El mástil en voladizo es móvil con respecto a la cubierta 13. Una plataforma intermedia está montada en el mástil en voladizo. La plataforma intermedia puede soportar un conjunto buje-góndola.

[0025] Durante la instalación, las palas están conectadas al conjunto buje-góndola, véanse en particular las figuras 3C y 3D. Al mismo tiempo, los segmentos de mástil 15, 16 se colocan sobre los cimientos 17. Cuando las palas están conectadas al conjunto buje-góndola, el mástil en voladizo se mueve hacia el mástil completado de la turbina eólica, véase la figura 3E. El conjunto de góndola de rotor (RNA) completado se coloca entonces encima de la masa de la turbina eólica.

[0026] Aunque parece que este método funciona, en la presente invención se reconoce que el mástil en voladizo en

sí mismo es bastante complejo. Asimismo, el mástil en voladizo puede funcionar en combinación con una plataforma autoelevable, pero probablemente no funcionaría en combinación con una nave de instalación flotante, debido a que los movimientos relativos entre la nave de instalación flotante y los cimientos de la turbina eólica harían imposible, en la mayoría de las condiciones climáticas, instalar el conjunto de góndola de rotor (RNA) completo en el mástil de la turbina eólica.

[0027] Asimismo, el método del documento EP2275340A1 tiene desventajas similares a las del método de acuerdo con el documento WO2013/095136A1. Se requiere una nave de instalación separada para instalar los cimientos, lo cual es costoso. Asimismo, el manejo de las palas es bastante engorroso y carece de control suficiente, en particular, para palas muy grandes. En particular, es difícil insertar los múltiples extremos roscados del extremo de raíz de la pala en los orificios correspondientes del conector de tendido de raíz en el buje.

[0028] El documento EP2275340A1 divulga un método de instalación adicional, véanse en particular las figuras 4A-4D que muestran la instalación del mástil y la góndola (sin rotor) y en donde la instalación de un conjunto de pala de rotor en la góndola se realiza posteriormente. Aunque parece que este método funciona, requiere que el RNA se recoja de una barcaza en una orientación horizontal y posteriormente se rote a una orientación vertical. En particular, para RNA grandes, esta es una operación de elevación bastante compleja con riesgos asociados de fallo. Debido a que los cimientos están situados entre la plataforma autoelevable y la barcaza, también requiere que la torre en voladizo se coloque fuera de la plataforma autoelevable a lo largo de una distancia considerable, en particular, por encima y más allá de los cimientos. Esto no es muy práctico.

[0029] El documento EP2275340A1 divulga otro método de instalación, véanse las figuras 5A-5D, que implica conectar las palas a un conjunto buje-góndola que se ha colocado previamente en un conjunto de cimientos-mástil-góndola completado. Se reconoce que este método también es bastante costoso y solo puede usarse con una plataforma elevadora. Con una nave de instalación flotante, los movimientos relativos entre la nave de instalación flotante y el conjunto de cimentación-mástil-góndola harían de este un procedimiento arriesgado, que carece de la precisión requerida para insertar los extremos roscados del extremo de raíz en los orificios asociados del conector de extremo de raíz en el buje.

[0030] El documento EP2275340A1 divulga otro método de instalación, véanse las figuras 6A-6D, en el que las turbinas eólicas completas, incluido el conjunto de góndola de rotor (RNA) completo y el mástil, se elevan desde una barcaza sobre unos cimientos en una sola operación de elevación con el mástil en voladizo. Este método requiere que el mástil en voladizo se deslice una distancia considerable fuera de borda de la plataforma autoelevable. El mástil en voladizo debe deslizarse sobre y más allá de los cimientos para recoger el conjunto de RNA-mástil de la barcaza. La barcaza debe mantenerse alejada de los cimientos para evitar colisiones, lo que se suma a la distancia sobre la que debe deslizarse el mástil en voladizo. Asimismo, esta operación de elevación requiere una posición intermedia, véase la figura 6C, en el que el conjunto de RNA-mástil se coloca en la plataforma elevadora. En resumidas cuentas, esta operación de elevación es bastante compleja. Para grandes conjuntos de RNA-mástil, requiere una plataforma autoelevable grande o la estabilidad de la plataforma autoelevable puede verse comprometida.

[0031] El documento EP2275340A1 divulga otro método de instalación, véanse las figuras 7A-7E. En este método, un conjunto de buje-góndola se coloca en una estructura de soporte en la cubierta de la plataforma autoelevable. Las palas se montan posteriormente en el conjunto buje-góndola, véase en particular la figura 7B. Al mismo tiempo o antes de esta operación, los segmentos de mástil se instalan en los cimientos con una grúa y un brazo de guía 720, véase la figura 7A. A continuación, se monta un denominado carro de torre 730 en el mástil de la turbina eólica. El conjunto de góndola de rotor (RNA) completado se coloca a continuación en una plataforma de soporte 734 del carro de torre. Véase el párrafo 53 del documento EP2275340A1. La plataforma de soporte 734 es móvil y posteriormente mueve el conjunto de góndola de rotor (RNA) en el mástil instalado, véanse las figuras 7C, 7D y 7E. Se reconoce en la presente invención que la operación de transferencia del RNA sobre el mástil con la ayuda del carro de torre es bastante compleja. Requiere un mástil especialmente adaptado. Asimismo, si la nave de instalación es una nave flotante, se producirán movimientos relativos de la turbina eólica y estos movimientos pueden impedir dicha operación de transferencia o puede producirse un riesgo de colisión entre el RNA y el mástil, porque el RNA está al nivel del mástil y puede golpear el mástil cuando se balancea hacia adelante y hacia atrás.

[0032] El documento EP2354537A1 divulga un método de instalación para ensamblar una turbina eólica en el mar en el que el conjunto buje-góndola está orientado verticalmente, con el eje de rotación principal orientado verticalmente, las palas están montadas en el conjunto de buje-góndola en una orientación horizontal. Cuando el RNA completo se coloca en el mástil, se gira alrededor de un eje de rotación horizontal, véase en particular la figura 9. Esta etapa implica una operación de elevación compleja.

[0033] El documento KR101435376B1 divulga un método de instalación que conecta palas a un conjunto previamente instalado de un mástil y una góndola en el mar. Se utiliza una plataforma elevadora para el método de instalación. Un bloque de izado está conectado al mástil y puede izarse hacia arriba hacia la góndola. Un brazo está conectado en un extremo al bloque de izado y está configurado para deslizarse sobre una construcción de soporte colocada en la cubierta de la plataforma elevadora. Una pala puede ser soportada por el brazo. Durante la instalación de la pala, el bloque de izado se eleva hacia arriba y mueve un extremo del brazo hacia arriba. Al mismo tiempo, el

extremo opuesto del brazo se mueve hacia la turbina eólica. La pala pivota desde una orientación sustancialmente horizontal hasta una orientación casi vertical. Cuando el bloque de izado ha alcanzado la góndola, la raíz y la pala están conectadas al buje.

5 **[0034]** Se reconoce en la presente invención que este método tiene varias desventajas. Una primera desventaja es que se requiere equipo adicional en el mástil de la turbina eólica para levantar la pala. Este equipo adicional debe instalarse y retirarse, lo que se suma al costoso tiempo crítico.

10 **[0035]** Asimismo, este método solo se puede llevar a cabo con la plataforma autoelevable porque los movimientos relativos entre una nave de instalación flotante y la turbina eólica evitarán que este método se lleve a cabo desde una nave de instalación flotante. Una plataforma autoelevable tiene desventajas inherentes en términos de velocidad, porque las patas deben colocarse sobre el lecho marino antes de que pueda comenzar cualquier operación de aislamiento.

15 **[0036]** El documento US2011/9956168A1 divulga un sistema y un método para instalar una turbina eólica en el mar. El documento US2011/9956168A1 divulga tres realizaciones separadas de un método de instalación de una turbina eólica.

20 **[0037]** La primera realización se divulga y explica en las figuras 1 a 19. Una góndola 22 se coloca sobre una plataforma 26. La góndola 22 ya tiene dos palas 32, dos de las tres palas montadas en el buje antes de que se coloque en la plataforma 26. La tercera pala 32 está montada temporalmente en una sección 30 del mástil de la turbina eólica. Véase, por ejemplo, la figura 2. Estas secciones de mástil se colocan horizontalmente en la cubierta de la nave de instalación. La nave de instalación es de tipo elevador y comprende una base 10. No es una nave de instalación flotante en el sentido de que flota durante la instalación de las turbinas eólicas.

25 **[0038]** La nave de instalación se coloca cerca de una parte inferior 31 de una turbina eólica que se ha instalado previamente. A continuación, la sección del mástil se eleva y gira a una orientación vertical, véase la figura 10A. Posteriormente, esta sección que incluye la tercera pala se coloca en la parte inferior 31, véase la figura 11. A continuación, la góndola con las dos palas se coloca en la parte superior del mástil 30, véase la figura 13. Posteriormente, la tercera pala 32 está montada en el buje.

30 **[0039]** En el documento US2011/9956168A1, las dos primeras palas ya están montadas en la góndola antes de que se coloque en la plataforma 26. La tercera pala se monta después de que la góndola se haya colocado en el mástil de la turbina eólica. En este momento, la góndola todavía está soportada por la plataforma 26. Por lo tanto, podría decirse que una pala está montada en el buje cuando la góndola está colocada en la plataforma, pero esto se hace después de que el RNA se haya colocado en el mástil de la turbina eólica, no antes. No se montan palas en la góndola en la plataforma de soporte antes de la operación de elevación. La primera realización es un procedimiento bastante complejo y requiere que una pala esté preconectada a la sección 30 del mástil.

40 **[0040]** La segunda realización se divulga y explica en las figuras 20-24 del documento US2011/9956168A1. En esta realización, la turbina eólica está montada en la parte inferior 31, véase en particular la figura 20. Por lo tanto, no hay etapa de levantar un RNA completo en el mástil. Por lo tanto, la segunda realización es bastante engorrosa y difícil o no imposible de llevar a cabo desde una nave de instalación flotante. Se realiza claramente desde una plataforma autoelevable.

45 **[0041]** La tercera realización se divulga en las figuras 25 y adicionales. Este es un método bastante complejo, porque implica dos plataformas autoelevables separadas. Solo por esta razón, es costoso y propenso a errores. La góndola 22 ya tiene dos de las tres palas montadas en ella al comienzo del método de instalación. La tercera pala está montada en el mástil, de forma similar a la primera realización. Véase la figura 27. Parece que la góndola y el mástil se transfieren primero desde la plataforma autoelevable pequeña a la plataforma autoelevable grande. Véanse las figuras 34 a 36. A partir de este momento, el método de instalación parece ser el mismo que el de la primera realización. La tercera realización no se describe como un método de instalación, sino como un sistema de transporte 200, véase el párrafo 97.

55 **[0042]** El documento US2014/0317927A1 se refiere a un método de ensamblaje y transporte de una turbina eólica marina. En el documento US2014/0317927A1, las góndolas están provistas de palas parciales 4 en la cubierta de la nave de instalación. La segunda parte 15 de las palas está instalada a bordo, véase la figura 4. Durante esta instalación, la góndola 3 no se eleva por encima del nivel de cubierta y, por este motivo, este método de instalación solo puede usarse para turbinas eólicas que tienen dos palas, no tres. Esta es una desventaja del método del documento US2014/0317927A1.

60 Otra desventaja del documento US2014/0317927A1 es que requiere un método de producción diferente para las palas. El método habitual es producir las palas en una sola pieza, pero el método del documento US2014/0317927A1 requiere que las palas se produzcan en dos piezas separadas. Esto no es eficiente y da como resultado un punto adicional de fallo.

65 Los documentos US2011/056168A1 y WO2009/068038A1 divulgan otros ejemplos de un método y una nave para instalar palas de turbina eólica en alta mar.

OBJETO DE LA INVENCIÓN

[0043] Un objeto de la invención es proporcionar un método de instalación y una nave de instalación para instalar turbinas eólicas en el mar que sea rápido, seguro, estructurado, fiable y rentable.

[0044] Es un objeto adicional de la invención proporcionar un método de instalación y una nave de instalación con la que se pueda instalar una turbina eólica completa en el mar, en particular, incluyendo los cimientos de la turbina eólica.

SUMARIO DE LA INVENCIÓN

[0045] Con el fin de conseguir, al menos, un objeto, la presente invención proporciona un método para instalar una turbina eólica marina en una ubicación objetivo en el mar con una nave de instalación, en donde la nave de instalación flota durante la instalación de la turbina eólica, comprendiendo la nave de instalación:

- una estructura de soporte de góndola para soportar temporalmente una góndola que comprende un buje que tiene una pluralidad de conectores de extremo de raíz a los que deben conectarse los extremos de raíz de las palas, comprendiendo la estructura de soporte de góndola:

- o una torre de soporte que se extiende hacia arriba desde una cubierta de la nave de instalación, en donde una base de la torre de soporte permanece en una posición fija con respecto a la cubierta durante la instalación de la turbina eólica,

- o una plataforma de soporte conectada a la torre de soporte, estando configurada la plataforma de soporte para soportar temporalmente la góndola durante la conexión de una o más palas a la misma,

- uno o más dispositivos de elevación configurados para:

- o elevar la góndola sobre la plataforma de soporte,

- o elevar un conjunto de góndola que incluye las palas sobre un mástil de turbina eólica ubicado adyacente a la nave,

en donde el dispositivo de elevación para elevar el conjunto de góndola completado es una grúa que está separada de la torre de soporte,

en donde el método comprende:

- a) elevar la góndola sobre la plataforma de soporte y asegurar la góndola a la plataforma de soporte,

- b) orientar un conector de extremo de raíz del buje de la góndola en una dirección orientada hacia una trayectoria de guía del sistema de movimiento de pala,

- c) conectar el extremo de raíz de la primera pala al correspondiente primer conector de extremo de raíz del buje,

- d) repetir las etapas b) y c) para palas y conectores de extremo de raíz posteriores hasta que todas las palas estén conectadas al buje de la góndola, proporcionando así un conjunto de góndola de rotor, también denominado RNA,

- e) suspender el RNA desde la grúa, levantando el RNA desde la plataforma de soporte de la estructura de soporte de góndola con la grúa, moviendo posteriormente el RNA con la grúa lejos de la plataforma de soporte y colocando el RNA en un mástil de turbina eólica situado adyacente a la nave.

[0046] La presente invención permite ventajosamente un procedimiento de instalación estructurado y seguro desde una nave flotante en particular para grandes turbinas eólicas. El procedimiento también es relativamente rápido, seguro y rentable. Hasta ahora, dicho procedimiento no estaba disponible. Dado el tamaño cada vez mayor de las turbinas eólicas en el mar y las profundidades cada vez mayores a las que se instalan las turbinas eólicas en el mar, el presente procedimiento de instalación es una valiosa contribución a este campo de la tecnología.

[0047] El dispositivo de elevación para elevar el conjunto de góndola completado es una grúa que está separada de la torre de soporte. Esto hace que la operación de transferencia sea más simple y más fiable. Se proporciona una base de la grúa en una ubicación diferente en una cubierta de la nave de instalación que la base de la torre de soporte.

[0048] Las palas pueden instalarse en una sola pieza, en otras palabras, no necesitan instalarse en dos mitades como en el documento US2014/0317927A1.

[0049] En una realización, durante la instalación de las palas en el buje, los uno o más dispositivos de elevación pueden instalar simultáneamente los cimientos bajando los cimientos sobre el lecho marino y/o elevando el mástil de la turbina eólica o partes del mismo sobre los cimientos. Las operaciones simultáneas de instalación de los cimientos y/o el mástil (o segmentos) e instalación de las palas en el buje de la góndola permiten una reducción en el tiempo total de instalación.

[0050] Esto puede llevarse a cabo, en particular, con una nave de instalación que comprende al menos un primer dispositivo de elevación y un segundo dispositivo de elevación, en donde el primer dispositivo de elevación es una primera grúa y el segundo dispositivo de elevación es una segunda grúa, en donde la primera grúa se usa para instalar los cimientos bajando los cimientos sobre el lecho marino, seguido de la instalación del mástil, mientras que la segunda grúa realiza simultáneamente operaciones de elevación para el conjunto del RNA (conjunto de góndola de rotor).

[0051] En una realización, la nave de instalación comprende un sistema de movimiento de pala configurado para mover una pala desde una ubicación de recogida a una posición de instalación en la que el extremo de raíz se coloca en el conector de extremo de raíz, comprendiendo el sistema de movimiento de pala al menos un soporte de pala móvil configurado para soportar la pala y un sistema de accionamiento para mover el soporte de pala móvil, comprendiendo el método entre las etapas b) y c):

- soportar el extremo de raíz de una pala con el soporte de pala móvil,
- mover el extremo de raíz de la primera pala a lo largo de la trayectoria de guía hasta el conector de extremo de raíz en el buje moviendo el soporte de pala móvil con el sistema de accionamiento, alineando el extremo de raíz con el conector de extremo de raíz y acoplando el extremo de raíz de la pala con el conector de extremo de raíz en el buje.

[0052] Con la presente invención, el movimiento relativo entre la pala, especialmente el extremo de raíz de la pala, y el buje se elimina, lo que hace que la instalación de la pala sea factible en una ventana meteorológica más grande, es decir, en condiciones climáticas más adversas (estado del mar y viento para una nave flotante y viento para una plataforma autoelevable).

[0053] La invención aumenta la trabajabilidad y reduce el movimiento y la dificultad de instalación de la pala. La velocidad aumenta por el hecho de que, durante el ensamblaje de un RNA, la torre se instala y se prepara la camisa/pieza de transición/mástil en paralelo.

[0054] Se calcula que, con la presente invención, el tiempo total de instalación de la turbina eólica, incluidos los cimientos, el mástil y el RNA, será inferior a 20 horas, posiblemente inferior a 17 horas. Esta es una mejora significativa sobre los métodos disponibles.

[0055] La estructura de soporte de góndola proporciona una plataforma estable para la instalación de las palas en el buje. Una estructura de soporte de góndola de este tipo en sí misma es conocida por la técnica anterior.

[0056] En una realización, una ventaja adicional es que el presente método se puede usar con una sola nave. Asimismo, la presente invención es muy adecuada para naves de instalación flotantes. Una nave de instalación flotante tiene una ventaja significativa sobre una plataforma autoelevable, porque no necesita ser levantada y bajada, lo cual ahorra tiempo. Además del proceso de elevación, una nave flotante puede encontrar una veleta para encontrar un rumbo de instalación óptimo para disminuir los movimientos y crear una buena trabajabilidad. La nave flotante puede trabajar a profundidades de aguas poco profundas y profundas sin ninguna restricción. Solo hay una limitación física del calado por medio de la profundidad mínima del agua, donde una plataforma autoelevable está restringida por una profundidad de agua mínima Y máxima.

[0057] La nave de instalación puede ser una nave de instalación flotante, en particular, una nave semisumergible. En otra realización de la invención, la nave de instalación puede ser una plataforma autoelevable.

[0058] Un periodo de tiempo típico requerido para el método de instalación de acuerdo con la presente invención cuando la nave de instalación tiene dos grúas y cuando los cimientos es una cubierta que tiene cubetas de succión puede ser de 10,5 horas. Esto es muy corto en comparación con los métodos conocidos que pueden tardar varias horas más.

[0059] En caso de que los cimientos sean un monopilote, la junta deslizante se integra en/reemplaza la pieza de transición. La instalación es tal que primero el monopilote se introduce en el lecho marino, seguido de la instalación de la pieza de transición/junta deslizante y, posteriormente, la instalación del conjunto de mástil y góndola. El tiempo total de instalación puede ser de aproximadamente 17 horas. Un método convencional tardaría varias horas más.

[0060] En caso de que los cimientos ya se hayan preinstalado y solo sea necesario instalar el mástil y el RNA, el tiempo requerido para el método de instalación puede ser de aproximadamente nueve horas. Un método convencional puede tardar varias horas más.

[0061] En una realización, en donde el sistema de movimiento de pala puede comprender:

- un carril de carga que está conectado, en particular, fijado, a la estructura de soporte de góndola, teniendo el carril de carga un primer extremo situado en la plataforma de soporte y un segundo extremo opuesto situado más alejado de la plataforma de soporte que el primer extremo, definiendo el carril de carga una trayectoria de carga, y

- un carro que rueda o se desliza a lo largo del carril de carga entre una posición de instalación en la plataforma de soporte y una posición remota que está más alejada de la plataforma de soporte que la posición de instalación, en donde al menos un soporte de pala está conectado directa o indirectamente al carro y es movido por el carro,

en donde el método comprende:

acoplar al menos una parte de la pala, en particular, el extremo de raíz, con el soporte de pala cuando el carro está en la posición remota y soportar dicha parte de la pala con el soporte de pala,
mover el carro desde la posición remota hacia la posición de instalación en la plataforma de soporte a lo largo del carril de carga, moviendo así el extremo de raíz de la pala hacia el conector de extremo de raíz del buje.

[0062] El carril de carga proporciona una trayectoria muy rápida y fiable de la pala hacia el conector de extremo de raíz del buje. En una realización, esto evita una operación de elevación con grúa para la pala, que es bastante arriesgada para palas grandes. El carril de carga da como resultado una reducción significativa del tiempo de inactividad por intemperie, en donde el mal tiempo puede provocar un movimiento relativo de la pala y el conjunto de buje de góndola en métodos de acuerdo con la técnica anterior.

[0063] En una realización, el carril de carga puede extenderse sobre una distancia vertical a lo largo de la torre de soporte, y en donde la posición remota es una posición inferior y la posición de instalación es una posición superior del carro, en donde el carro mueve el extremo de raíz hacia arriba a lo largo de la torre de soporte hacia el buje de la góndola. Se ha descubierto que este movimiento era fiable, rápido y seguro para la instalación de las palas.

[0064] En una realización, durante el movimiento hacia arriba, la pala puede pivotar entre una orientación de recogida, en la que la pala se extiende en un ángulo de recogida a la vertical, y una orientación de instalación, en la que la pala se extiende en un ángulo de instalación a la vertical, en donde el ángulo de instalación es menor que el ángulo de recogida. Esto también se denomina terminación ascendente de la pala. La operación de terminación ascendente da como resultado un procedimiento más rápido, fiable y seguro.

[0065] En una realización, el sistema de movimiento de pala puede comprender un brazo cargador al que se conecta un soporte de pala o una pluralidad de soportes de pala para sujetar la pala en múltiples posiciones espaciadas a lo largo de una longitud de la pala, teniendo el brazo cargador una longitud que es al menos la mitad de la longitud de la pala, en donde el brazo cargador:

- a) está conectado de manera pivotante al carro a través de una bisagra de carro, o
- b) está conectado de manera pivotante a la cubierta o a la torre de soporte a través de al menos una bisagra, en donde la bisagra está situada en una base de la torre o a una distancia de la base de la torre,

en donde el brazo cargador puede pivotar alrededor de la bisagra y moverse entre la orientación de recogida, en la que el brazo cargador se extiende en un ángulo de recogida a la vertical para recoger la pala, y una orientación de instalación, en la que el brazo cargador se extiende en un ángulo de instalación a la vertical, en donde el ángulo de instalación es menor que el ángulo de recogida, comprendiendo el método:

conectar la pala al brazo cargador a través de los soportes de pala cuando la pala está en la orientación de recogida, y
pivotar la pala a la orientación de instalación con el brazo cargador.

[0066] El brazo cargador permite una operación de recogida eficaz y una colocación rápida y segura de la pala con respecto al buje.

[0067] En una realización, el brazo cargador está conectado de manera pivotante al carro a través de la bisagra del carro, comprendiendo el método:

sujetar la pala con el brazo cargador a través de los soportes de pala, en donde el extremo de raíz de la pala se dirige hacia el carro y el extremo libre se aleja del carro,
mover el carro hacia arriba a lo largo de la torre de soporte, moviendo así el extremo de raíz de la pala hacia arriba a lo largo de la torre de soporte hacia el buje de la góndola y pivotando la pala a la orientación de instalación.

[0068] Esta realización aumenta aún más la velocidad general, fiabilidad y seguridad del vehículo.

[0069] En una realización alternativa, el brazo cargador puede estar conectado de manera pivotante a la cubierta o a la torre de soporte a través de al menos una bisagra, en donde:

- a) la bisagra está situada en una base de la torre en donde el extremo opuesto del brazo cargador sigue la trayectoria de una parte de un círculo, en donde la pala es sostenida por el brazo cargador con el extremo de raíz

de la pala dirigido lejos de la bisagra y el extremo libre de la pala dirigido hacia la bisagra, en donde la pala permanece sustancialmente alineada con la torre de soporte durante el movimiento hacia arriba,

b) en donde la bisagra está situada en una base de la torre en donde el extremo opuesto del brazo cargador sigue la trayectoria de una parte de un círculo, en donde un soporte de pala está conectado de manera pivotante al extremo opuesto, en donde la pala pivota con respecto al brazo cargador durante el movimiento hacia arriba hacia el buje en la plataforma de soporte, o

c) en donde la bisagra está situada a una distancia de la base de la torre, en donde la pala es sostenida por el brazo cargador con el extremo libre de la pala dirigido hacia la bisagra, en donde la pala permanece sustancialmente alineada con la torre de soporte durante el movimiento hacia arriba,

comprendiendo el método:

pivotar el brazo cargador hacia arriba, moviendo así el extremo de raíz de la pala hacia la góndola.

[0070] Esta es una versión alternativa de la operación de volcado, que es más simple en vista del hecho de que no necesita un carro y el brazo cargador hace un movimiento pivotante más simple.

[0071] En una realización, el sistema de movimiento de pala está configurado para elevar el extremo de raíz de cada pala al nivel de la plataforma de soporte mientras un extremo libre de la pala permanece en el nivel de cubierta o al menos no se eleva al mismo nivel antes de conectar el extremo de raíz al buje, en donde, durante la elevación del extremo de raíz, la pala pivota y el extremo libre se mueve hacia la torre de soporte. El extremo libre puede ser soportado al nivel de la cubierta por el brazo cargador, puede moverse hacia arriba en una distancia menor o incluso puede moverse hacia abajo durante el volcado, en caso de que el brazo cargador sea más corto que la pala y el extremo libre de la pala sobresalga más allá del extremo del brazo cargador que se aleja de la torre de soporte.

[0072] En una realización, la pala se recoge con el al menos un soporte de pala mientras la pala está sustancialmente horizontal. Esto permite que la pala se recoja de la cubierta, lo cual es eficiente.

[0073] En una realización, en donde la pala se pivota a una orientación de instalación que está sustancialmente alineada con la torre de soporte, en particular en vertical. La alineación con la torre de soporte crea un control eficiente de la posición y orientación de la pala y facilita el posicionamiento preciso requerido del extremo de raíz de la pala con respecto al conector de extremo de raíz del buje.

[0074] En una realización, la torre de soporte está orientada sustancialmente vertical, o al menos en un ángulo de menos de +/- 5 grados con respecto a la vertical. De esta forma, la fuerza de la gravedad que tira de la pala está alineada con la dirección en la que el extremo de raíz se mueve hacia el conector de extremo de raíz del buje.

[0075] En una realización, en donde el sistema de movimiento de pala comprende accionadores para alinear el extremo de raíz con respecto al conector de extremo de raíz en una dirección Y y Z que son ortogonales a una dirección longitudinal de la pala, siendo la dirección longitudinal la dirección X, en donde los accionadores mueven al menos un soporte de pala en la dirección Y y Z con respecto al carro o brazo cargador al que está conectado el soporte de pala, en donde los accionadores en particular alinean los múltiples extremos roscados del extremo de raíz con múltiples orificios asociados en el conector de extremo de raíz. Los accionadores permiten una alineación precisa del extremo de raíz con el conector de extremo de raíz.

[0076] En una realización alternativa, la pala se pivota a una orientación de instalación que está en un ángulo de 50-70 grados con respecto a la vertical. Esta realización proporciona la ventaja de que la pala no necesita estar completamente orientada paralela a la torre de soporte. Esto ahorra tiempo. La pala puede orientarse particularmente en un ángulo de 60 grados con respecto a la vertical.

[0077] En una realización, el eje de rotación principal del buje está orientado sustancialmente horizontal.

[0078] En una realización, el eje de rotación principal del buje está orientado sustancialmente paralelo a o sustancialmente ortogonal a una dirección longitudinal de la nave. Se descubrió que esto permite una construcción simple de la torre de soporte y la plataforma de soporte y mejora varios aspectos logísticos del método de instalación.

[0079] Se observa que las palas no se insertan exactamente en un ángulo de 90 grados con respecto al eje del buje. Esto se debe al requisito de espacio libre entre las palas y el mástil de la turbina eólica cuando se somete a altas cargas de viento. Por lo tanto: el eje del buje es horizontal +/- x grados (para el ajuste al ángulo buje-pala). La dirección puede ser cualquier dirección, pero probablemente sea longitudinal o perpendicular +/- x grados (para el ajuste al ángulo buje-pala).

[0080] En una realización, la torre de soporte y la ubicación de recogida de las palas se colocan en un lado de la nave de instalación, y la ubicación de recogida se extiende paralela a una dirección longitudinal de la nave de instalación. Se ha descubierto que esto mejora el diseño general de la cubierta. Una parte central de la cubierta se puede utilizar para el almacenamiento y la manipulación de la góndola, del buje (si no está premontado en la góndola) y de las palas, lo que mejora la seguridad.

[0081] En una realización, la torre de soporte tiene una altura que es de al menos el 70 por ciento, en particular, al menos el 90 por ciento, más en particular, al menos el 100 por ciento de una longitud de la pala. Esto permite alinear la pala con la torre de soporte. La altura máxima de la torre de soporte está determinada por la altura máxima de elevación de la grúa. La altura mínima de la torre de soporte está determinada por la longitud de la pala con respecto al nivel del mar donde las una o más palas en un ángulo (apenas) tocan/no tocan el agua. El ángulo de la pala puede estar entre 50 y 90 grados con respecto a la horizontal, y la altura mínima de la torre con respecto al nivel del mar (con calado nominal) es aproximadamente: Longitud de la pala $\times$ cos (ángulo de la pala).

[0082] En una realización, el sistema de movimiento de pala comprende un sistema de izado que comprende un bloque móvil, en donde al menos un soporte de pala está montado directa o indirectamente en el bloque móvil para izar el extremo de raíz de la pala a la plataforma de soporte mientras se pivota la pala hacia arriba, en donde, en particular, el bloque móvil y el carro están integrados. Se ha descubierto que el sistema de izado era un método simple y fiable para mover el extremo de raíz de la pala hacia el conector de extremo de raíz en el buje.

[0083] En una realización alternativa, el carril de carga se extiende sobre una distancia horizontal lejos de la plataforma de soporte y el carro rueda o se desliza a lo largo del carril de carga hacia dicha plataforma de soporte sobre dicha distancia horizontal desde la posición remota hasta la posición de instalación, en donde se proporciona un soporte de pala en el carro. En esta realización, la pala y, en particular, el extremo de raíz de la misma se mueve hacia el conector de extremo de raíz a lo largo de una distancia horizontal. Se ha descubierto que esto también permite una colocación y un procedimiento de conexión rápidos, fiables y seguros.

[0084] En esta realización, los uno o más dispositivos de elevación pueden comprender una grúa, en donde la pala puede elevarse desde la cubierta con la grúa y en donde el extremo de raíz de la pala se coloca en el carro, y en donde la pala está soportada tanto por el carro como por la grúa durante el movimiento del carro hacia la góndola. Este es un procedimiento simple y seguro para colocar la pala y conectar la pala al conector de extremo de raíz.

[0085] En esta realización, el carril de carga puede extenderse horizontalmente. Esto permite un posicionamiento horizontal del extremo de raíz con respecto al conector de extremo de raíz.

[0086] El carril de carga también puede estar inclinado a la horizontal. En una realización, el carril de carga puede extenderse en un ángulo de 0-70 grados, preferentemente 50-70 grados con respecto a la vertical y en donde la pala está conectada al conector de extremo de raíz en un ángulo de 0-70 grados, preferentemente 50-70 grados con respecto a la vertical. El extremo de raíz se mueve hacia arriba a lo largo del carril. El conector de extremo de raíz está alineado con el carril, permitiendo que el extremo de raíz de la pala se inserte en el conector de extremo de raíz con un simple movimiento.

[0087] En una realización, los cimientos y el mástil o segmentos de mástil de la turbina eólica se instalan desde un primer lado de la nave de instalación por la primera grúa, y el RNA se ensambla en un segundo lado diferente de la nave, y en donde, durante la instalación de los cimientos y la conexión de las palas al buje, la nave de instalación se coloca con el primer lado en la ubicación objetivo, y en donde, después de la instalación de los cimientos y el mástil de la turbina eólica, la nave se recoloca con el segundo lado en la ubicación objetivo para transferir el RNA (36) desde la nave al mástil de la turbina eólica.

Esto permite que el espacio de cubierta se divida en dos áreas de cubierta dedicadas. Una primera área de cubierta está dedicada a la instalación de los cimientos y el mástil, y una segunda área de cubierta diferente se dedica al ensamblaje del RNA.

[0088] Esto también permite que equipos separados trabajen en:

- 1) la instalación de los cimientos y el mástil en la primera área de cubierta, y
- 2) el ensamblaje y la instalación del RNA en la segunda área de cubierta.

[0089] Durante la instalación de los cimientos y la conexión de las palas al buje, la nave de instalación puede colocarse con el lado de estribor en la ubicación objetivo. Después de la instalación de los cimientos y el mástil de la turbina eólica, la nave puede recolocarse con el lado en el que se ensambla el RNA en la ubicación objetivo para transferir la góndola con las palas desde la nave al mástil de la turbina eólica. Esto permite operaciones paralelas a lo largo del proceso de instalación.

[0090] Como alternativa, la nave de instalación se coloca en relación con el área objetivo en una posición de nave en la que:

- 1) el área objetivo se encuentra dentro del alcance de la grúa que eleva los cimientos y los mástiles hasta el área objetivo y
- 2) el área objetivo se encuentra al alcance de la grúa que eleva el RNA sobre el mástil.

[0091] Esto evita una recolocación de la nave de instalación. Si se utilizan dos grúas, el área objetivo debe ubicarse

en un área de superposición de las dos grúas. Si las grúas se colocan en la popa, la nave se colocaría entonces con la popa en el área objetivo. Si las grúas se colocan en la proa, la nave se colocaría con la proa en el área objetivo. Si las grúas se colocan a estribor o a babor, la nave se colocaría con el estribor, respectivamente, el lado de babor en el área objetivo.

5 **[0092]** Si solo se usa una única grúa tanto para la instalación de los cimientos y el mástil como para la elevación del RNA sobre el mástil, la primera área de cubierta, la nave se coloca de manera que la segunda área de cubierta y la ubicación objetivo estén al alcance de la única grúa.

10 **[0093]** Si la nave de instalación se recoloca, la nave de instalación puede recolocarse durante la instalación de las palas en el buje. Esto ahorra adicionalmente tiempo de instalación.

[0094] Las palas individuales pueden instalarse en el buje en una orientación vertical. Como alternativa, las palas individuales pueden instalarse en el buje en una orientación inclinada, estando el extremo de raíz de la pala situado más alto que el extremo libre de la pala.

[0095] La presente invención se refiere, además, a una nave de instalación configurada para la instalación en alta mar de turbinas eólicas en una ubicación objetivo, comprendiendo la nave:

20 - una estructura de soporte de góndola para soportar temporalmente una góndola que comprende un buje que tiene una pluralidad de conectores de extremo de raíz a los que deben conectarse los extremos de raíz de las palas, comprendiendo la estructura de soporte de góndola:

25 o una torre de soporte que se extiende hacia arriba desde una cubierta de la nave de instalación,
o una plataforma de soporte conectada a la torre de soporte, estando configurada la plataforma de soporte para soportar temporalmente la góndola durante la conexión de una o más palas a la misma y para soportar temporalmente la góndola con una pala conectada a cada conector de extremo de raíz de la pluralidad de conectores de extremo de raíz,

30 - uno o más dispositivos de elevación configurados para:

o elevar la góndola sobre la plataforma de soporte,
o elevar un conjunto de góndola completo sobre un mástil de turbina eólica situado adyacente a la nave.

35 **[0096]** La nave de instalación de acuerdo con la invención proporciona las mismas ventajas que el método de acuerdo con la invención.

[0097] En una realización, la nave de instalación comprende un sistema de movimiento de pala configurado para mover una pala desde una ubicación de recogida a una posición de instalación en la que el extremo de raíz se coloca en el conector de extremo de raíz, comprendiendo el sistema de movimiento de pala al menos un soporte de pala móvil configurado para soportar la pala y un sistema de accionamiento para mover el soporte de pala móvil.

[0098] En una realización, el sistema de movimiento de pala comprende:

45 - un carril de carga que está conectado, en particular, fijado, a la estructura de soporte de góndola, teniendo el carril de carga un primer extremo situado en la plataforma de soporte y un segundo extremo opuesto situado más alejado de la plataforma de soporte que el primer extremo, definiendo el carril de carga una trayectoria de carga, y
- un carro que rueda o se desliza a lo largo del carril de carga entre una posición de instalación en la plataforma de soporte y una posición remota que está más alejada de la plataforma de soporte que la posición de instalación, en
50 donde al menos un soporte de pala está conectado directa o indirectamente al carro y es movido por el carro.

[0099] En una realización, el carril de carga se extiende sobre una distancia vertical a lo largo de la torre de soporte, y en donde la posición remota es una posición inferior y la posición de instalación es una posición superior del carro, en donde el carro está configurado para mover el extremo de raíz hacia arriba a lo largo de la torre de soporte hacia la góndola.

[0100] En una realización, el sistema de movimiento de pala comprende un brazo cargador al que se conecta una pluralidad de soportes de pala para sujetar la pala en múltiples posiciones espaciadas a lo largo de una longitud de la pala, en donde el brazo cargador:

60 a) está conectado de manera pivotante al carro a través de una bisagra de carro, o
b) está conectado de manera pivotante a la cubierta o a la torre de soporte a través de al menos una bisagra, en donde la bisagra está situada en particular en una base de la torre,

65 en donde el brazo cargador puede pivotar alrededor de la bisagra y moverse entre la orientación de recogida, en la que el brazo cargador se extiende en un ángulo de recogida a la vertical para recoger la pala, y una orientación de

instalación, en la que el brazo cargador se extiende en un ángulo de instalación a la vertical, en donde el ángulo de instalación es menor que el ángulo de recogida.

[0101] En una realización, un extremo del brazo cargador está conectado de manera pivotante al carro a través de la bisagra del carro, y en donde un extremo opuesto del brazo cargador está soportado por un carro de cubierta que se puede mover sobre un carril de cubierta que se extiende entre una primera ubicación en cubierta y una segunda ubicación en cubierta, estando la segunda ubicación más cerca de una base de la torre de soporte que la primera ubicación, en donde el sistema de movimiento de pala está configurado para elevar el extremo de raíz de cada pala al nivel de la plataforma de soporte mientras un extremo libre de la pala permanece en el nivel de cubierta o al menos no se eleva al mismo nivel antes de conectar el extremo de raíz al buje, en donde, durante la elevación del extremo de raíz, la pala pivota sobre un ángulo y el extremo libre se mueve hacia la torre de soporte.

[0102] En una realización, el brazo cargador está conectado de manera pivotante en un extremo a una bisagra que está situada en una base de la torre de soporte, en donde el brazo cargador está configurado para pivotar alrededor de la bisagra entre una orientación sustancialmente horizontal y una orientación de instalación en la que el brazo cargador está sustancialmente alineado con la torre de soporte, en donde el extremo opuesto del brazo cargador sigue la trayectoria de una parte de un círculo, en donde el brazo cargador está configurado para sujetar la pala con el extremo de raíz de la pala dirigido lejos de la torre de soporte y el extremo libre de la pala dirigido hacia la torre de soporte.

[0103] En una realización, la torre de soporte está orientada sustancialmente vertical, o al menos en un ángulo mayor de 85 grados con respecto a la horizontal.

[0104] En una realización, el eje de rotación principal del buje está orientado paralelo a una dirección longitudinal de la nave.

[0105] En una realización, la torre de soporte y la ubicación de recogida de las palas se colocan en un lado de la nave de instalación, y en donde la ubicación de recogida se extiende paralela a una dirección longitudinal de la nave de instalación.

[0106] En una realización, la torre de soporte tiene una altura que es de al menos el 70 por ciento, en particular, al menos el 90 por ciento, más en particular, al menos el 100 por ciento de una longitud de la pala.

[0107] En una realización, el sistema de movimiento de pala comprende un sistema de izado que comprende un bloque móvil, estando montado el soporte de pala en el bloque móvil para izar el extremo de raíz de la pala a la plataforma de soporte mientras se pivota la pala hacia arriba, en donde, en particular, el bloque móvil y el carro están integrados.

[0108] En una realización, el carril de carga se extiende sobre una distancia horizontal lejos de la plataforma de soporte y el carro está configurado para rodar o deslizarse a lo largo del carril de carga hacia dicha plataforma de soporte sobre dicha distancia horizontal desde la posición remota hasta la posición de instalación.

[0109] En una realización, los uno o más dispositivos de elevación comprenden una grúa configurada para levantar la pala de la cubierta y colocar el extremo de raíz de la pala en el carro mientras continúan soportando la pala durante el movimiento del carro hacia la góndola.

[0110] En una realización, el carril de carga se extiende horizontalmente. En una realización alternativa, el carril de carga se extiende en un ángulo de 0-70 grados, preferentemente de 40-80 grados, más preferentemente de 50-70 grados con respecto a la vertical.

[0111] En una realización, la nave de instalación comprende al menos un primer dispositivo de elevación y un segundo dispositivo de elevación, en donde el primer dispositivo de elevación es una primera grúa y el segundo dispositivo de elevación es una segunda grúa, en donde la primera grúa está configurada para instalar los cimientos bajando los cimientos sobre el lecho marino, en donde la segunda grúa está configurada para realizar simultáneamente operaciones de elevación para el conjunto del conjunto de góndola de rotor, también denominado RNA.

[0112] En una realización, la primera grúa se coloca en el lado de estribor de la nave de instalación, y la segunda grúa se coloca en el lado de babor de la nave de instalación, o viceversa, y en donde tanto la primera grúa como la segunda grúa se colocan en la proa o en la popa de la nave.

[0113] Estos y otros aspectos de la invención se apreciarán más fácilmente a medida que se comprenda mejor por referencia a la siguiente descripción detallada y se tenga en cuenta junto con los dibujos adjuntos, en los que los símbolos de referencia similares indican partes similares.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

[0114]

Las figuras 1 a 13 muestran etapas en un método de instalación de turbina eólica de acuerdo con una realización de la invención.

Las figuras 14-20 muestran una segunda realización del método de instalación de acuerdo con la invención.

La figura 21 proporciona una tercera realización del método de instalación de acuerdo con la invención.

Las figuras 22-25 muestran una realización adicional de la invención.

La figura 26 muestra una realización adicional de la invención.

La figura 27 muestra una vista lateral de otra realización de acuerdo con la invención.

Las figuras 28 y 29 muestran otra realización de acuerdo con la invención.

Las figuras 30 y 31 muestran otra realización de acuerdo con la invención.

La figura 32 muestra otra realización de acuerdo con la invención.

Las figuras 33-37 muestran otra realización de acuerdo con la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FIGURAS

[0115] Volviendo a las figuras 1A y 1B, se muestra una realización del método para instalar una turbina eólica marina en una ubicación objetivo 11 en el mar con una nave de instalación 10. El método está destinado, en particular, a llevarse a cabo con una nave de instalación flotante.

[0116] La nave de instalación 10 comprende una estructura de soporte de góndola 14 para soportar temporalmente una góndola 16 que comprende un buje 18 que tiene una pluralidad de conectores de extremo de raíz 20 a los que deben conectarse los extremos de raíz 22 de las palas 24.

[0117] La estructura de soporte de góndola 14 comprende una torre de soporte 30 que se extiende hacia arriba desde una cubierta 31 de la nave de instalación 10. La torre de soporte comprende una base 130. En esta realización, la torre de soporte está orientada sustancialmente vertical, o al menos en un ángulo de menos de 5 grados con respecto a la vertical, pero obviamente la torre de soporte puede estar inclinada en un ángulo diferente. En esta realización, la base 130 de la torre de soporte comprende una bisagra que permite que la torre de soporte pivote con respecto a la cubierta y el casco de la nave de instalación flotante. La bisagra se fija a la cubierta o al casco. Por lo tanto, la posición de la base 130 también es fija, aunque la orientación de la torre con respecto a la cubierta o al casco sea ajustable. Normalmente, la torre de soporte 130 se orientará verticalmente.

[0118] La estructura de soporte de góndola 14 comprende, además, una plataforma de soporte 32 conectada a la torre de soporte 30, en particular, en el extremo superior de la torre de soporte. La plataforma de soporte 32 está configurada para soportar temporalmente la góndola 16 durante la conexión de una o más palas 24 a la misma.

[0119] La nave de instalación 10 comprende uno o más dispositivos de elevación 34, 35 configurados para:

o elevar la góndola 16 sobre la plataforma de soporte,
o elevar un conjunto de góndola 36 que incluye las palas 24 (también denominado RNA 36) sobre un mástil de turbina eólica situado adyacente a la nave.

[0120] El dispositivo de elevación pueden ser grúas 34, 35. Cada grúa 34, 35 comprende una base 39, en particular, una base de torreta, que está montada en la cubierta o casco de la nave. La base de torreta permite la rotación de la grúa alrededor de un eje vertical. Cada grúa comprende, además, un brazo pivotante 131 que está conectado a la base de la torreta, en particular, a través de una bisagra 132 que define un eje de bisagra horizontal. La botavara está soportada con cables de soporte 133 que están conectados a un lado trasero de la base de torreta 39, se extienden sobre un bastidor de soporte 134 y hasta una porción superior 135 de la botavara 131. El cable de soporte 133 es operable por un cabrestante para subir y bajar la botavara pivotante 131 según se desee.

[0121] La nave de instalación 10 comprende una gran grúa de babor 35 y una grúa de estribor 34. La nave de instalación 10 comprende, además, una grúa auxiliar 33. La primera grúa 34 se coloca en el lado de estribor de la nave de instalación 10 y tiene una primera área de cubierta asociada situada sustancialmente en un estribor de la cubierta 31. La segunda grúa 35 se coloca en el lado de babor de la nave de instalación y tiene una segunda área de cubierta asociada situada sustancialmente en un lado de babor de la cubierta 31. La primera área de cubierta se usa para la instalación de los cimientos y el mástil. La segunda área de cubierta se usa para la instalación de la góndola y las palas.

[0122] Tanto la primera grúa 34 como la segunda grúa 35 están situadas en la popa 95 de la nave 10. Como alternativa, las grúas pueden colocarse en la proa 96. Se ha descubierto que esto mejora la eficiencia global del procedimiento de instalación.

[0123] La nave de instalación 10 comprende, además, un sistema de movimiento de pala 40 configurado para mover una pala 24 desde una ubicación de recogida 41 a una posición de instalación 42 en la que el extremo de raíz 22 se coloca en el conector de extremo de raíz 20 del buje. Las palas se instalan en una sola pieza, contrariamente al

documento US2014/0317927. Cada extremo de raíz 22 comprende múltiples extremos roscados que necesitan insertarse en orificios correspondientes o en el conector de extremo de raíz 22 del buje.

[0124] El sistema de movimiento de pala 40 comprende un carril de carga 46 que está conectado, en particular, fijado, a la estructura de soporte de góndola. En esta realización, el carril de carga 46 está fijado a la torre de soporte 30 y se extiende a lo largo de la torre de soporte.

[0125] El carril de carga 46 tiene un primer extremo superior situado en la plataforma de soporte y un segundo extremo inferior opuesto situado más lejos de la plataforma de soporte que el primer extremo. El carril de carga define una trayectoria de carga. En la figura 1, el carril de carga está situado en el otro lado de la torre de soporte 30.

[0126] El sistema de movimiento de pala 40 comprende, además, un carro 60 que rueda o se desliza a lo largo del carril de carga 46 entre una posición de instalación en la plataforma de soporte y una posición remota que está más alejada de la plataforma de soporte que la posición de instalación, en particular a nivel de cubierta.

[0127] El sistema de movimiento de pala 40 comprende, además, un brazo cargador 70 al que se conecta una pluralidad de soportes de pala 44 para sujetar la pala en múltiples posiciones espaciadas a lo largo de una longitud de la pala. Como alternativa, se puede conectar un único soporte de pala al brazo cargador. Normalmente, el brazo cargador tiene una longitud que es al menos la mitad de la longitud de la pala. La pala 24 está conectada al brazo cargador 70 a través de los soportes de pala 44 cuando la pala está en la orientación de recogida. En esta realización, la pala 24 se recoge con el al menos un soporte de pala mientras la pala está sustancialmente horizontal. Los soportes de pala pueden comprender pinzas que recogen la pala desde arriba. La pinza puede trabajar por sujeción, fricción o succión. De esta forma, cuando el brazo cargador está alineado con la torre, los soportes de pala están en el lado de las palas que mira lejos de la torre.

[0128] El extremo 55 del brazo cargador que es opuesto al carro 60 está soportado de manera pivotante por un carro de cubierta 48 que rueda o se desliza sobre un carril de cubierta 49. El extremo opuesto se mueve en una dirección horizontal. El carril de cubierta se extiende entre una primera ubicación en cubierta y una segunda ubicación en cubierta, estando la segunda ubicación más cerca de una base de la torre de soporte que la primera ubicación. El carril de cubierta 49 puede extenderse a lo largo de la nave de instalación y extenderse adyacente a la ubicación de recogida 41.

[0129] La pala 24 es sostenida por el brazo cargador 70 a través de los soportes de pala 44, en donde el extremo de raíz 22 de la pala se dirige hacia el carro y el extremo libre 25 se aleja del carro. Los soportes de pala 44 están conectados al carril de carga 46 a través del brazo cargador y el carro.

[0130] En la realización de las figuras 1-12, el brazo cargador está conectado de manera pivotante al carro a través de una bisagra 71 del carro. (Como se explicará en mayor detalle más adelante, en otra realización, el brazo cargador puede estar conectado de manera pivotante a la cubierta o a la torre de soporte a través de al menos una bisagra, en donde la bisagra está situada en particular en una base de la torre. Esta realización puede funcionar sin un carril de carga o un carro).

[0131] El brazo cargador 70 puede pivotar alrededor de la bisagra de carro 71 con respecto al carro y puede moverse entre la orientación de recogida en la que el brazo cargador se extiende en un ángulo de recogida, en particular a aproximadamente 90 grados, a la vertical para recoger la pala y una orientación de instalación en la que el brazo cargador se extiende en un ángulo de instalación a la vertical, en donde el ángulo de instalación es menor que el ángulo de recogida.

[0132] El método comprende acoplar al menos una parte de la pala, en particular, el extremo de raíz 22, con el soporte de pala 44 cuando el carro está en la posición remota y soportando dicha parte de la pala con el soporte de pala.

[0133] El sistema de movimiento de pala 40 comprende al menos un soporte de pala móvil 44 y un sistema de accionamiento 45 para mover el soporte de pala móvil, véase la figura 2. El sistema de movimiento de pala 40 está configurado para mover el soporte de pala en una dirección X, Y y Z con respecto al conector de extremo de raíz del buje de la góndola en la plataforma de soporte. Como alternativa o adicionalmente, la plataforma de soporte 32 puede comprender accionadores para mover la góndola 16 que incluye el buje 18 en una dirección X, Y y Z para una colocación precisa. Esto se analiza en relación con las figuras 33-36.

[0134] La torre de soporte 30 y la ubicación de recogida de las palas se colocan en un lado de la nave de instalación, en este caso, el lado de babor. La góndola 16 se eleva hacia la plataforma de soporte 32 por la grúa de babor 35.

[0135] La ubicación de recogida 41 para las palas 24 es alargada y se extiende paralela a una dirección longitudinal de la nave de instalación. La ubicación de recogida está delante de la torre de soporte 30. La grúa de babor 35 se coloca detrás de la torre de soporte 30.

[0136] Una barcaza 90 u otro tipo de nave de soporte puede colocarse junto a la nave de instalación durante todo el proceso de instalación o en los periodos de tiempo requeridos durante el proceso de instalación. La barcaza puede contener partes de la turbina eólica, es decir, cimientos adicionales, mástiles o segmentos de mástil, góndolas o palas. Las palas pueden empaquetarse en un grupo de tres o cuatro palas, típicamente tres. A lo largo del proceso de instalación, las piezas pueden transferirse desde la barcaza 90 a la nave de instalación 10. Las partes, como los cimientos 80, la pieza de transición 85, el mástil 81, las palas 24 y/o las góndolas 16, pueden almacenarse adicionalmente o como alternativa en la cubierta 31 de la nave de instalación. La ubicación de almacenamiento de la góndola puede estar situada centralmente en la cubierta. La ubicación de almacenamiento de la pala también puede estar situada centralmente en la cubierta.

[0137] La figura 2 muestra la góndola en la parte superior de la plataforma de soporte 32. A continuación, la góndola está asegurada a la plataforma de soporte. El eje de rotación principal 19 del buje está orientado sustancialmente horizontal, al menos en un ángulo de +/- 5 grados con respecto a la horizontal. En esta realización, el eje de rotación principal 19 del buje está orientado paralelo a una dirección longitudinal de la nave. A continuación, un conector de extremo de raíz 20 del buje de la góndola está orientado en una dirección orientada hacia una trayectoria de guía 43 del sistema de movimiento de pala.

[0138] Al mismo tiempo, el extremo de raíz 22 de una pala 24 está soportado por el soporte de pala móvil 44 del brazo cargador 70. El brazo cargador 70 está en la orientación de recogida y alineado con la cubierta. El brazo cargador comprende tres soportes de pala móviles 44A, 44B, 44C que están separados. Obviamente, la orientación de recogida no necesita ser completamente horizontal. Los soportes de pala móviles 44A, 44B, 44C comprenden pinzas que están configuradas para extenderse sobre la pala y para agarrar las palas desde arriba. Cada soporte de pala móvil 44A, 44B, 44C comprende accionadores controlados para controlar las pinzas. Asimismo, cada soporte de pala móvil 44A, 44B, 44C comprende accionadores para controlar con precisión la posición de las pinzas en una dirección X, Y y Z con respecto al brazo cargador 70. Esto es necesario para la colocación precisa para insertar los múltiples extremos roscados del extremo de raíz 22 en los orificios correspondientes del conector de extremo de raíz.

[0139] El sistema de movimiento de pala 40 está configurado para elevar el extremo de raíz 22 de cada pala al nivel de la plataforma de soporte mientras un extremo libre 25 de la pala permanece en el nivel de cubierta o al menos no se eleva al mismo nivel antes de conectar la raíz extremo al buje. Durante la elevación del extremo de raíz de la pala, el extremo libre 25 se mueve hacia la torre de soporte.

[0140] Simultáneamente con el montaje de las palas en el buje, la primera grúa 34 se usa para instalar los cimientos 80 bajando los cimientos sobre el lecho marino mientras la segunda grúa 35 realiza operaciones de elevación para el ensamblaje de la góndola. Los cimientos pueden anclarse al lecho marino con cubetas de succión. Como alternativa, los cimientos pueden anclarse con pilotes. La base se muestra como una camisa, pero los cimientos también pueden ser un monopilote y la invención proporciona sustancialmente las mismas ventajas en el caso de un monopilote.

[0141] En el caso de un monopilote, la junta deslizante se integra en/reemplaza la pieza de transición. La instalación es tal que primero el monopilote se introduce en el lecho marino, seguido de la instalación de la pieza de transición/junta deslizante. Posteriormente se lleva a cabo la instalación del conjunto de mástil y góndola.

[0142] La presente invención también funciona con otros tipos de cimientos, tal como una estructura basada en la gravedad.

[0143] Los cimientos 80 y el mástil 81 de turbina eólica o segmentos de mástil se instalan desde el lado de estribor de la nave de instalación por la primera grúa, y la góndola 16 se ensambla en el lado de babor de la nave, o viceversa.

[0144] Durante la instalación de los cimientos y la conexión de las palas 24 al buje, la nave de instalación puede colocarse con el lado de estribor en la ubicación objetivo 11. Obviamente, la nave también puede reflejarse y, en esa configuración, la nave de instalación se colocaría en la ubicación objetivo con el lado de babor. En un método alternativo, la instalación puede colocarse con la popa o la proa en la ubicación objetivo.

[0145] Después de la instalación de los cimientos 80 y el mástil de turbina eólica 81, la nave 10 puede reposicionarse con el otro lado en la ubicación objetivo, es decir, con el lado en el que se ensambla la góndola en la ubicación objetivo, para transferir la góndola con las palas desde la nave al mástil de la turbina eólica.

[0146] Si la nave se recoloca, la recolocación de la nave puede llevarse a cabo durante la instalación de las palas en el buje.

[0147] Pasando a la figura 3, el carro 60 se mueve hacia arriba a lo largo de la torre de soporte 30 por el sistema de accionamiento 45, moviendo así el extremo de raíz 22 de la pala hacia arriba a lo largo de la torre de soporte hacia la góndola y pivotando la pala a la orientación de instalación. El sistema de accionamiento puede comprender un bloque de izado conectado al carro y un cabrestante para izar el carro hacia arriba.

[0148] El extremo de raíz 22 de la primera pala 24A se mueve a lo largo de la trayectoria de guía hasta el conector

de extremo de raíz 20 en el buje. La pala 24 pivota a la orientación de instalación con el brazo cargador 70.

[0149] Durante el movimiento hacia arriba, la pala 24 pivota entre una orientación de recogida en la que la pala se extiende en un ángulo de recogida a la vertical y una orientación de instalación en la que la pala se extiende en un ángulo de instalación a la vertical, en donde el ángulo de instalación es menor que el ángulo de recogida.

[0150] Pasando a la figura 4, el extremo de raíz 20 de la pala 24 está acoplado con el conector de extremo de raíz 20 en el buje 18, y el extremo de raíz 20 de la primera pala está conectado al correspondiente primer conector de extremo de raíz del buje. Esto generalmente implica el montaje de una serie de pernos. Durante la operación de conexión, la pala es sostenida por los soportes de pala 44 del sistema de movimiento de pala.

[0151] El carro 60 puede usarse para mover la pala en la dirección X, la dirección longitudinal de la pala. Se proporciona un accionador 68 para mover el soporte de pala 44 en la dirección Y. Se proporciona un accionador adicional 69 para mover el soporte de pala 44 en la dirección vertical (dirección Z). Los accionadores alinean los extremos roscados 140 del extremo de raíz 22 con los correspondientes orificios 141 en el conector de extremo de raíz. La figura 17B muestra los extremos roscados y los orificios. Puede haber más de 100 extremos roscados 140 y el mismo número de orificios 141. Los orificios se proporcionan en un anillo 144. El anillo 144 puede girar con respecto al buje en una dirección circunferencial, es decir, alrededor del eje X como se indica con la flecha 145. Por lo tanto, la propia pala generalmente no necesita rotarse alrededor de su eje X para alinear los extremos roscados 140 con los orificios 144.

[0152] Volviendo a la figura 4, la pala 24 se pivota a una orientación de instalación que está sustancialmente alineada con la torre de soporte 30. Las palas individuales se instalan en el buje en una orientación vertical.

[0153] Como alternativa o adicionalmente, la plataforma de soporte 32 puede comprender accionadores para mover la góndola 16 que incluye el buje 18 en al menos una dirección Y y una dirección Z con respecto a la pala que está sujeta por el al menos un soporte de pala (44). Esta variante se analiza adicionalmente a continuación en relación con las figuras 33-36.

[0154] En la realización en la que la pala está alineada con la torre de soporte 30, la torre de soporte 30 tiene una altura que es de al menos el 70 por ciento, en particular, al menos el 90 por ciento, más en particular, al menos el 100 por ciento de una longitud de la pala. En una realización en la que la torre de soporte tiene una altura que es menor que una longitud de la pala 24, aún puede ser posible alinear la pala 24 con la torre de soporte, dejando que el extremo libre de la pala sobresalga por debajo de la torre de soporte en el lateral de la nave. El extremo libre de la pala puede incluso entrar en el agua durante la instalación. La altura de la grúa debe ser mayor que la altura de la torre de soporte, para permitir que la grúa levante el RNA 36 completado de la torre de soporte.

[0155] En una realización en la que la pala no está alineada con la torre de soporte, sino instalada en un ángulo de, por ejemplo, 60 grados con respecto a la vertical, la altura de la torre sobre el nivel del mar debe ser al menos la longitud de la pala multiplicada por $\cos 60$ grados. Una realización de este tipo se analiza adicionalmente a continuación.

[0156] Pasando a la figura 5, la primera pala 24A se gira posteriormente en un ángulo de 120 grados para orientar el segundo conector de raíz 20 en la dirección hacia abajo. Simultáneamente, una segunda pala 24B se coloca en la ubicación de recogida 41. Pasando a la figura 6, el brazo cargador se mueve hacia abajo para recoger la segunda pala 24B.

[0157] Pasando a la figura 7, la segunda pala 24B se mueve hacia arriba por el sistema de movimiento de pala.

[0158] Pasando a la figura 8, el extremo de raíz de la segunda pala está conectado al conector de extremo de raíz 20 del buje 18.

[0159] Volviendo a la figura 9, el buje se gira de nuevo más de 120 grados. La tercera pala 24C se coloca en la ubicación de recogida. El brazo cargador está en la ubicación de recogida y los soportes de pala se acoplan a la tercera pala 24C.

[0160] Durante la instalación de la tercera pala 24C, la primera grúa 34 instala simultáneamente el mástil de turbina eólica 81 sobre los cimientos 80 elevando el mástil de turbina eólica 81 desde la nave de instalación o desde una barcaza y bajando el mástil de turbina eólica sobre los cimientos 80. El mástil puede conectarse a los cimientos mediante juntas deslizantes. Estos son conectores cónicos dentro de un tubo de transición de los cimientos. Normalmente, las juntas deslizantes se utilizan con monopolos como cimentación. El tubo de transición puede instalarse como parte del método de instalación de manera similar a los mástiles 81. El tubo tiene un extremo superior abierto. El extremo inferior del mástil comprende conectores cónicos de acoplamiento en su circunferencia exterior. El extremo inferior del mástil 81 simplemente se baja hacia el extremo superior abierto del tubo de los cimientos. Los conectores se acoplan y proporcionan una conexión segura.

[0161] Pasando a la figura 10, la tercera pala 24C está conectada al buje.

[0162] La etapa de mover la pala al buje y conectar la pala al buje se repite para las palas posteriores y los conectores de extremo de raíz hasta que todas las palas 24A, 24B, 24C estén conectadas al buje 18 de la góndola, proporcionando así un conjunto de góndola 36 (que incluye las palas).

[0163] Pasando a la figura 11, la nave de instalación se recoloca para girar el lado de la nave de instalación en el que se encuentra la góndola hacia la ubicación objetivo.

[0164] Pasando a la figura 12, el conjunto de góndola 36 se levanta de la estructura de soporte de góndola con la grúa 35, posteriormente se mueve desde la torre de soporte al mástil de turbina eólica 81 y se coloca sobre el mástil de turbina eólica 81 que se encuentra adyacente a la nave. El conjunto de góndola está asegurado al mástil de la turbina eólica, típicamente con pernos.

[0165] A diferencia del sistema de acuerdo con el documento US2010/0293781, la torre de soporte 30 no necesita moverse hacia fuera lejos de la nave y en voladizo sobre el agua de mar porque la grúa 35 realiza la operación de transferencia del conjunto de góndola 36. Por ende, una base de la torre de soporte puede permanecer en una posición fija con respecto a la cubierta durante la instalación de la turbina eólica. La torre de soporte que incluye la base de la torre de soporte estará a una distancia horizontal de la grúa. Se observa que las palabras "en una posición fija" no excluyen una torre de soporte que está articulada a la cubierta (o al casco) a través de una bisagra y que puede tener una orientación ajustable por medio de uno o más accionadores, por ejemplo, para mantener la torre de soporte vertical en oleaje.

[0166] El conjunto de góndola 36 puede colocarse directamente en el extremo superior 87 del mástil de turbina eólica 81. Esto simplifica aún más el procedimiento. No hay necesidad de ninguna operación de transferencia u operación de transporte adicional.

[0167] Pasando a la figura 13, la instalación se completa y la nave de instalación está listo para comenzar una segunda instalación.

[0168] Pasando a las figuras 14-20, se muestra una segunda realización. Como se muestra en las figuras 14 y 15, en esta realización, la torre de soporte 30 se coloca en el lado de estribor. En lugar de un brazo cargador 70, una de las grúas 34, 35 se usa para levantar las palas 24 desde la cubierta 31 o desde una estantería 53 colocada en la cubierta. Un bastidor de elevación 72 está conectado a las líneas de izado 73 en el centro de gravedad de la pala. Las palas se levantan e instalan con una grúa, en particular, la grúa en el lado de la torre de soporte 30 que, en este caso, es la grúa de estribor. Las palas pueden elevarse en una orientación horizontal.

[0169] Simultáneamente, la otra grúa 35 puede instalar los cimientos y el mástil o segmentos de mástil.

[0170] Volviendo específicamente a las figuras 16-19, en esta realización, el carril de carga 46 se extiende sobre una distancia horizontal y es más corto que en la realización de las figuras 1-13. De hecho, hay dos carriles de carga 46 que están separados en una distancia horizontal. El carril de carga 46 es, en particular, horizontal. Los carriles de carga 46 están conectados a la plataforma de soporte 32 o a la torre de soporte 30. Los carriles de carga 46 se extienden sobre una distancia horizontal lejos de la plataforma de soporte. Los carriles de carga están en voladizo desde la torre de soporte 30 y están soportados por vigas de soporte 47.

[0171] Esta realización puede no tener un brazo cargador.

[0172] El carro 60 se acciona con un accionamiento 45 en la dirección X. El accionamiento puede ser hidráulico o eléctrico. El carro 60 comprende un soporte de pala 44 que comprende un miembro 82 curvado y cóncavo. El miembro 82 puede estar configurado para soportar la parte inferior del extremo de raíz. El carro está soportado por los dos carriles de cargador 46 y abarca la distancia entre los dos carriles 46. En esta realización, el soporte de pala 44 está conectado directamente al carro 60.

[0173] Volviendo en particular a la figura 16, la grúa, en particular, la grúa de estribor 34 se puede usar para levantar las palas 24 de la cubierta y para colocar el extremo de raíz 20 de cada pala en el carro 60. El carro 60 comprende un soporte de pala 44 que comprende un miembro 82 curvado y cóncavo. En esta realización, el soporte de pala está conectado directamente al carro 60.

[0174] En primer lugar, la grúa 34 coloca el extremo de raíz 20 de la pala 24 en el soporte de pala 44 del carro. La grúa continúa sujetando la pala después de que el extremo de raíz se haya acoplado al soporte de pala 44. El carro 60 entonces rueda o se desliza a lo largo del carril de carga 46 en una dirección X hacia dicha plataforma de soporte 32 sobre dicha distancia horizontal desde la posición remota hasta la posición de instalación. Se proporciona un accionador 68 para mover el soporte de pala en la dirección Y. Se proporciona un accionador adicional 69 para mover el soporte de pala 44 en la dirección vertical (dirección Z). Los accionadores 68, 69 pueden colocarse en ambos lados del soporte de pala. Esto permite una colocación precisa para insertar los extremos roscados 75 del extremo de raíz

22 en los orificios correspondientes del conector de extremo de raíz 20.

[0175] De esta forma, el extremo de raíz se inserta en el conector de extremo de raíz del buje. La pala 24 está soportada tanto por el carro como por la grúa durante el movimiento del carro hacia la góndola.

[0176] El carril de carga 46 puede tener una longitud limitada de, por ejemplo, 2-5 metros, porque la mayor parte del movimiento de la pala hacia el buje lo realiza la grúa 35. Esta realización es más simple que la realización de las figuras 1-13, pero tiene la desventaja de que la pala aún puede balancearse hacia adelante y hacia atrás cuando está suspendida de la grúa 35.

[0177] Pasando a la figura 20, cuando el RNA 36 está terminado, se levanta de la plataforma de soporte y se coloca sobre el mástil 81. Esto puede hacerse después de recolocar la nave 10. Simultáneamente, la otra grúa 35 puede cargar piezas nuevas para una turbina eólica consecutiva en la nave desde una barcaza 90.

[0178] Volviendo a la figura 21, se muestra otra realización en la que las palas 24 pivotan hacia arriba cuando el extremo de raíz se mueve hacia el conector de extremo de raíz en el buje, pero las palas no pivotan a una orientación vertical. En su lugar, las palas 24 se pivotan a un ángulo de aproximadamente 30 grados (25-35 grados) con la horizontal, 60 grados con la vertical (55-65 grados).

[0179] Puede usarse el mismo carril de carga, el mismo carro 60 y el mismo brazo cargador divulgados para la realización de las figuras 1-13, con la diferencia de que la torre de soporte 30 es más corta, más corta que una longitud de la pala.

[0180] Esta realización tiene la ventaja de que el extremo de raíz no necesita elevarse tan alto como en la realización de las figuras 1-13. Esto ahorra tiempo. Asimismo, el montaje del extremo de raíz en el conector de extremo de raíz no necesita un movimiento de inserción vertical, sino un movimiento de inserción en un ángulo de, por ejemplo, 30 grados con respecto a la horizontal. Si la turbina eólica tiene tres palas, entonces 30 grados con respecto a la horizontal permitirían que una pala previamente conectada se extendiera verticalmente.

[0181] Durante el movimiento hacia arriba de la pala, el extremo libre 25 de la pala 24 se puede mover por debajo del nivel de la cubierta 13. La cubierta es generalmente bastante alta sobre el agua (10-20 m), por lo que hay suficiente altura disponible.

[0182] Pasando a la figura 20, la instalación de los cimientos y el mástil de turbina que se lleva a cabo simultáneamente con el montaje de las palas en la góndola puede ser la misma que para la realización de las figuras 1-13. El RNA 36 completado se transfiere desde la plataforma de soporte 32 al mástil instalado 81 por una de las grúas 34, 35.

[0183] Pasando a la figura 21, en esta realización, la torre de soporte 30 es sustancialmente más baja que la longitud de las palas 24, por ejemplo, del 20 al 40 por ciento de la longitud de las palas.

[0184] Esta realización puede tener un brazo cargador 70 que tiene una longitud que es considerablemente más corta que la longitud de las palas 24. Las palas están soportadas por el brazo cargador con el extremo de raíz 22 dirigido a la torre de soporte. Un extremo libre 59 de la pala 24 está en voladizo más allá del extremo opuesto del brazo cargador 70. Cuando el carro 60 se mueve hacia arriba a lo largo de la torre de soporte, el extremo opuesto del brazo cargador se mueve hacia la torre de soporte. La pala se pivota y la punta 25 de la pala se mueve hacia abajo hasta debajo de la cubierta de la nave. La pala puede instalarse en el buje en un ángulo de 40-80 grados con respecto a la vertical.

[0185] Pasando a las figuras 22-25, en una realización adicional, el brazo cargador 70 está conectado de manera pivotante a la cubierta o a la torre de soporte a través de al menos una bisagra 77, en particular, situado en una base 78 de la torre. El extremo opuesto 79 del brazo cargador sigue la trayectoria de una parte de un círculo. El soporte de pala 44 está conectado al extremo opuesto 79 a través de una bisagra y soporta la pala. Un sistema de accionamiento 45 en forma de cilindro pivota el brazo cargador 70 desde una orientación de recogida (que puede ser sustancialmente horizontal) a una orientación de instalación, que puede estar en cualquier lugar entre 30 y 80 grados, preferentemente alrededor de 40-70 grados, a la horizontal. La nave puede tener una (figura 23) o dos grúas (figura 22), o más.

[0186] El soporte de pala 44 puede pivotar con respecto al brazo cargador 70 para mantener la pala 24 en una orientación requerida durante el pivotamiento del brazo cargador. Por ejemplo, la pala puede mantenerse horizontal durante el movimiento hacia arriba, pero también es posible otra orientación.

[0187] Esta realización también comprende el carril de carga 46 y el carro 60 de la realización de las figuras 14-20. Cuando el brazo cargador 70 oscila hacia arriba, el extremo de raíz 20 de la pala 24 se coloca en el soporte de pala 44 en el carro 60 que se desliza/rueda sobre los carriles de carga. Los accionadores 68, 69 permiten un posicionamiento preciso en la dirección Y y Z cuando el carro 60 se mueve hacia el conector de extremo de raíz 20.

[0188] Pasando a la figura 26, en otra realización, que es una variante de la realización de las figuras 14-20, se proporciona una segunda torre de soporte 100 a una distancia de la primera torre de soporte 30. La grúa puede colocar la pala en el primer soporte de pala en el carro 60 en el carril 46 que se extiende desde la plataforma de soporte 32 en la primera torre de soporte 30 y en un segundo soporte de pala 44 en la segunda torre de soporte 100.

[0189] Pasando a las figuras 30 y 31, como alternativa, se puede proporcionar un elevador de pala 110 para elevar la pala 24 al nivel de la plataforma de soporte 32 en una orientación horizontal. El elevador de pala puede comprender un brazo cargador 70 que tiene uno o más soportes de pala 44, en donde el brazo cargador está soportado por:

- un primer carro 60 que se desplaza hacia arriba y hacia abajo a lo largo de la primera torre de soporte 30, y
- un segundo carro 61 que se desplaza hacia arriba y hacia abajo a lo largo de la segunda torre de soporte 100.

[0190] Pasando a la figura 27, se muestra otra realización en la que la pala 24 no está alineada con la torre, sino instalada en ángulo. En esta realización, el brazo cargador 70 está conectado a la cubierta o casco de la nave a través de una bisagra 77. La bisagra 77 está situada a una distancia 103 de la torre, en donde la distancia puede ser menor que la longitud del brazo cargador 70 y menor que la longitud de la pala 24. El brazo cargador puede pivotar desde una orientación de recogida, que puede ser horizontal, y una orientación de instalación, que puede ser de 30-80 grados con respecto a la vertical. En caso de que la turbina eólica tenga tres palas, la orientación de instalación puede ser de 60 grados con respecto a la vertical.

[0191] El brazo cargador recoge la pala con los soportes de pala 44. El brazo cargador pivota entonces hacia arriba (véanse las líneas discontinuas) hasta que el brazo cargador se encuentra con un tope 106 que puede estar cerca de la plataforma de soporte. A continuación, el extremo de raíz 22 de la pala 24 puede insertarse en el conector de extremo de raíz mediante una colocación precisa con los accionadores 68, 69.

[0192] Pasando a las figuras 28 y 29, se muestra otra realización. La bisagra 77 está situada en la base de la torre de soporte. El brazo cargador 70 pivota alrededor de la bisagra desde la orientación de recogida que puede ser horizontal a la orientación de instalación que está alineada con la torre de soporte. La pala 24 es sostenida por el brazo cargador 70 con el extremo de raíz 22 de la pala dirigido lejos de la bisagra 77 y el extremo libre 25 de la pala dirigido hacia la bisagra.

[0193] El método comprende pivotar el brazo cargador hacia arriba, moviendo así el extremo de raíz de la pala hacia la góndola 16.

[0194] En esta realización, la pala 24 se pivota a una orientación de instalación que está en un ángulo de 0-70 grados, en particular 50-70 grados con respecto a la vertical.

[0195] Pasando a la figura 32, en un aspecto adicional, la nave de instalación también puede ser una plataforma elevadora 10'. Aunque una plataforma autoelevable tiene muchas desventajas sobre una nave de instalación flotante, varias de las ventajas de la presente invención también se pueden lograr con una plataforma autoelevable. Con el ensamblaje de RNA en una plataforma elevadora, las condiciones del viento aún pueden causar movimientos impredecibles de las palas 24 durante la instalación, y las realizaciones para el sistema de movimiento de palas divulgadas en el presente documento pueden mejorar las operaciones de ensamblaje de RNA. Asimismo, la instalación simultánea de los cimientos 80 y el mástil 81 con el ensamblaje del RNA puede aumentar la velocidad general y reducir los costes.

[0196] La plataforma autoelevable puede comprender una única grúa o 2 grúas 34, 35 como se muestra. Las grúas 34, 35 pueden estar alineadas con dos de las patas autoelevables 150, 151.

[0197] De acuerdo con el método, los cimientos 80 y el mástil 81 pueden instalarse simultáneamente con el ensamblaje del RNA. En este caso, el ensamblaje del RNA tiene lugar como se divulga en las figuras 14-20, pero cualquiera de las otras realizaciones para ensamblar el RNA también es posible en una plataforma elevadora 10', por ejemplo, el método de volcado de las figuras 1A-13, el método de volcado parcial de la figura 21, el brazo cargador pivotante 70 de las figuras 22-25 o 27-29, el método de 26 o el levantamiento de pala de las figuras 30-31.

[0198] La instalación simultánea de los cimientos 80, el mástil 81 y el ensamblaje de la RNA con la misma plataforma elevadora proporciona un aumento significativo de la velocidad y una reducción de los costes. Este es incluso el caso si la plataforma autoelevable solo comprende una única grúa.

[0199] Volviendo a las figuras 33-37 en otra realización, la plataforma de soporte comprende un sistema de movimiento de góndola 119 que comprende accionadores para mover la góndola 16 y el buje 18 en al menos una dirección Y y Z con respecto a la pala 24 para alinear el conector de extremo de raíz con el extremo de raíz de la pala, y en particular, alinear los múltiples extremos roscados con los orificios correspondientes en el conector de extremo de raíz. En la realización mostrada, los accionadores están configurados para mover la góndola 16 y el buje 18 en la dirección X, Y y Z, y para rotar la góndola y el buje alrededor de los ejes X-Y y Z. El sistema axial se define en relación con la pala 24, en donde la dirección X se corresponde con la dirección longitudinal de la pala. Naturalmente, se puede

definir un sistema axial diferente.

- 5 **[0200]** La plataforma de soporte 32 comprende una parte estacionaria 124 y una montura 125 en la que se montan la góndola 16 y el buje 18. La montura 125 está conectada a través de un primer grupo 120 de accionadores y un segundo grupo 122 de accionadores a la parte estacionaria 124 de la plataforma de soporte 32. El primer grupo 120 está situado a una distancia por encima del segundo grupo 122.
- 10 **[0201]** El primer grupo 120 de accionadores 121A-121D pueden ser cilindros hidráulicos, por ejemplo, cuatro cilindros hidráulicos. Los cilindros 121A, 121B forman un par en un lado y los cilindros 121C, 121D forman un par en el lado opuesto.
- 15 **[0202]** El segundo grupo 122 de accionadores 123A-123D pueden ser (también) cilindros hidráulicos, por ejemplo, cuatro cilindros hidráulicos. Los cilindros 123A, 123B forman un par en un lado y los cilindros 123C, 123D forman un par en el lado opuesto.
En conjunto, el primer y el segundo grupo 120, 122 pueden proporcionar seis grados de libertad. En algunos casos, pueden ser suficientes menos de seis grados. Por ejemplo, si el sistema de movimiento de pala
- 20 **[0203]** El experto en la materia entenderá que una combinación del sistema de movimiento de pala 40 y el sistema de movimiento de góndola 119 permite el movimiento de la pala 24 o la góndola y el buje, o ambos, para alinear el extremo de raíz 22 con el conector de extremo de raíz 20.
- 25 **[0204]** Quedará claro que la descripción anterior pretende ilustrar el funcionamiento de las realizaciones preferidas de la invención, y no reducir el alcance de protección de la invención. A partir de la descripción anterior, muchas realizaciones serán concebibles para el experto dentro del concepto inventivo y el alcance de protección de la presente invención como se define por el conjunto de reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Método para instalar una turbina eólica marina (100) en una ubicación objetivo (11) en el mar con una nave de instalación (10), en donde la nave de instalación flota durante la instalación de la turbina eólica (100), comprendiendo la nave de instalación:
- una estructura de soporte de góndola (14) para soportar temporalmente una góndola (16) que comprende un buje que tiene una pluralidad de conectores de extremo de raíz (22) a los que deben conectarse los extremos de raíz (20) de las palas (24), comprendiendo la estructura de soporte de góndola:
 - o una torre de soporte (30) que se extiende hacia arriba desde una cubierta de la nave de instalación, en donde una base (130) de la torre de soporte permanece en una posición fija con respecto a la cubierta durante la instalación de la turbina eólica,
 - o una plataforma de soporte (32) conectada a la torre de soporte, estando configurada la plataforma de soporte para soportar temporalmente la góndola durante la conexión de una o más palas a la misma,
 - uno o más dispositivos de elevación (34, 35) configurados para:
 - o elevar la góndola (16) sobre la plataforma de soporte,
 - o elevar un conjunto de góndola (36) que incluye las palas (24) sobre un mástil de turbina eólica (81) situado adyacente a la nave,
- en donde el método comprende:
- a) elevar la góndola sobre la plataforma de soporte y asegurar la góndola a la plataforma de soporte,
 - b) orientar un conector de extremo de raíz (20) del buje de la góndola en una dirección orientada hacia una trayectoria de guía de un sistema de movimiento de pala (40),
 - c) conectar el extremo de raíz de la primera pala al correspondiente primer conector de extremo de raíz del buje,
 - d) repetir las etapas b) y c) para palas y conectores de extremo de raíz posteriores hasta que todas las palas estén conectadas al buje de la góndola, proporcionando así un conjunto de góndola de rotor, también denominado RNA (36),
 - e) suspender el RNA desde la grúa, levantando el RNA desde la plataforma de soporte de la estructura de soporte de góndola con la grúa, moviendo posteriormente el RNA con la grúa lejos de la plataforma de soporte y colocando el RNA en un mástil de turbina eólica (81) situado adyacente a la nave.
2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde, durante la instalación de las palas en el buje, los uno o más dispositivos de elevación instalan simultáneamente los cimientos (80) sobre el lecho marino y elevan el mástil de turbina eólica (81) o partes del mismo sobre los cimientos.
3. Método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde la nave de instalación comprende un sistema de movimiento de pala (40) configurado para mover una pala desde una ubicación de recogida a una posición de instalación en la que el extremo de raíz se coloca en el conector de extremo de raíz, comprendiendo el sistema de movimiento de pala al menos un soporte de pala móvil (44) configurado para soportar la pala y un sistema de accionamiento (45) para mover el soporte de pala móvil, comprendiendo el método entre las etapas b) y c):
- soportar el extremo de raíz de una pala con el soporte de pala móvil,
 - mover el extremo de raíz de la primera pala (24A) a lo largo de la trayectoria de guía hasta el conector de extremo de raíz (20) en el buje moviendo el soporte de pala móvil con el sistema de accionamiento, alineando el extremo de raíz con el conector de extremo de raíz y acoplando el extremo de raíz de la pala con el conector de extremo de raíz en el buje.
4. Método de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el sistema de movimiento de pala comprende:
- un carril de carga (46) que está conectado, en particular, fijado, a la estructura de soporte de góndola, teniendo el carril de carga un primer extremo situado en la plataforma de soporte y un segundo extremo opuesto situado más alejado de la plataforma de soporte que el primer extremo, definiendo el carril de carga la trayectoria de carga, y
 - un carro (60) que rueda o se desliza a lo largo del carril de carga entre una posición de instalación en la plataforma de soporte y una posición remota que está más alejada de la plataforma de soporte que la posición de instalación, en donde al menos un soporte de pala (44) está conectado directa o indirectamente al carro y es movido por el carro,
- en donde el método comprende:

acoplar al menos una parte de la pala, en particular, el extremo de raíz, con el soporte de pala (44) cuando el carro está en la posición remota y soportar dicha parte de la pala con el soporte de pala, mover el carro desde la posición remota hacia la posición de instalación en la plataforma de soporte a lo largo del carril de carga, moviendo así el extremo de raíz de la pala hacia el conector de extremo de raíz del buje.

5
5. Método de acuerdo con la reivindicación 4, en donde el carril de carga (46) se extiende sobre una distancia vertical a lo largo de la torre de soporte, y en donde la posición remota es una posición inferior y la posición de instalación es una posición superior del carro, en donde el carro mueve el extremo de raíz hacia arriba a lo largo de la torre de soporte hacia la góndola y
10 en donde, durante el movimiento hacia arriba, la pala pivota entre una orientación de recogida, en la que la pala se extiende en un ángulo de recogida a la vertical, y una orientación de instalación, en la que la pala se extiende en un ángulo de instalación a la vertical, en donde el ángulo de instalación es menor que el ángulo de recogida.

15 6. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3-5 anteriores, en donde el sistema de movimiento de pala comprende accionadores (68, 69) para alinear el extremo de raíz (22) con respecto al conector de extremo de raíz (20) en una dirección Y y Z que son ortogonales a una dirección longitudinal de la pala, siendo la dirección longitudinal la dirección X, en donde los accionadores (68, 69) mueven al menos un soporte de pala (44) en la dirección Y y Z con respecto al carro (60) o brazo cargador (70) al que está conectado el soporte de pala (44), en donde los accionadores en particular alinean los múltiples extremos roscados del extremo de raíz con múltiples orificios
20 asociados en el conector de extremo de raíz.

7. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-6, que comprende mover la góndola (16) y el buje (18) con respecto a una parte fija (124) de la plataforma de soporte (32) y con respecto a la pala (24) con una pluralidad de accionadores, alineando de este modo el conector de extremo de raíz (20) con el extremo de raíz (22) de la pala, o que comprende mover tanto la pala con el sistema de movimiento de pala (40) como la góndola y el buje con el sistema de movimiento de góndola (119) durante la alineación del extremo de raíz con el conector de extremo de raíz.
25

8. Nave de instalación (10; 10') configurada para la instalación en alta mar de turbinas eólicas (100) en una ubicación objetivo mientras flota, comprendiendo la nave:
30

- una estructura de soporte de góndola (14) para soportar temporalmente una góndola que comprende un buje que tiene una pluralidad de conectores de extremo de raíz (20) a los que deben conectarse los extremos de raíz (22) de las palas (24), comprendiendo la estructura de soporte de góndola:

- o una torre de soporte (30) que se extiende hacia arriba desde una cubierta de la nave de instalación, o una plataforma de soporte (32) conectada a la torre de soporte, estando configurada la plataforma de soporte para soportar temporalmente la góndola durante la conexión de una o más palas a la misma y para soportar temporalmente la góndola con una pala conectada a cada conector de extremo de raíz de la pluralidad de conectores de extremo de raíz,

- 40 - uno o más dispositivos de elevación configurados para:

- o elevar la góndola (16) sobre la plataforma de soporte, o elevar un conjunto de góndola completo (36) sobre un mástil de turbina eólica (81) situado adyacente a la nave, en donde el dispositivo de elevación para elevar el conjunto de góndola completado es una grúa (34, 35) que está separada de la torre de soporte.

9. Nave de instalación de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende un sistema de movimiento de pala (40) configurado para mover una pala desde una ubicación de recogida a una posición de instalación en la que el extremo de raíz (22) está colocado en el conector de extremo de raíz (22), comprendiendo el sistema de movimiento de pala al menos un soporte de pala móvil (44) configurado para soportar la pala y un sistema de accionamiento (45) para mover el soporte de pala móvil.
50

10. Nave de instalación de acuerdo con la reivindicación 9, en donde el sistema de movimiento de pala comprende:
55

- un carril de carga (46) que está conectado, en particular, fijado, a la estructura de soporte de góndola, teniendo el carril de carga un primer extremo situado en la plataforma de soporte y un segundo extremo opuesto situado más alejado de la plataforma de soporte que el primer extremo, definiendo el carril de carga una trayectoria de carga, y

- 60 - un carro (60) que rueda o se desliza a lo largo del carril de carga entre una posición de instalación en la plataforma de soporte y una posición remota que está más alejada de la plataforma de soporte que la posición de instalación, en donde al menos un soporte de pala está conectado directa o indirectamente al carro y es movido por el carro.

11. Nave de instalación de acuerdo con la reivindicación 9 o 10, en donde el sistema de movimiento de pala comprende un brazo cargador (70) al que se conecta una pluralidad de soportes de pala (44A, 44B, 44C) para sujetar la pala en múltiples posiciones espaciadas a lo largo de una longitud de la pala, en donde el brazo cargador:
65

- a) está conectado de manera pivotante al carro (60) a través de una bisagra de carro (71), o
- b) está conectado de manera pivotante a la cubierta o a la torre de soporte a través de al menos una bisagra (77), en donde la bisagra está situada en una base de la torre o situada a una distancia de la base de la torre,

en donde el brazo cargador puede pivotar alrededor de la bisagra y moverse entre la orientación de recogida, en la que el brazo cargador se extiende en un ángulo de recogida a la vertical para recoger la pala, y una orientación de instalación, en la que el brazo cargador se extiende en un ángulo de instalación a la vertical, en donde el ángulo de instalación es menor que el ángulo de recogida.

12. Nave de instalación de acuerdo con la reivindicación 11, en donde un extremo del brazo cargador está conectado de manera pivotante al carro a través de la bisagra del carro, y en donde un extremo opuesto (55) del brazo cargador está soportado por un carro de cubierta (48) que se puede mover sobre un carril de cubierta (49) que se extiende entre una primera ubicación en cubierta y una segunda ubicación en cubierta, estando la segunda ubicación más cerca de una base de la torre de soporte que la primera ubicación, en donde el sistema de movimiento de pala (40) está configurado para elevar el extremo de raíz de cada pala al nivel de la plataforma de soporte mientras que un extremo libre (25) de la pala no se eleva al mismo nivel antes de conectar el extremo de raíz al buje, en donde, durante la elevación del extremo de raíz, la pala pivota sobre un ángulo y el extremo libre se mueve sobre una distancia horizontal hacia la torre de soporte.

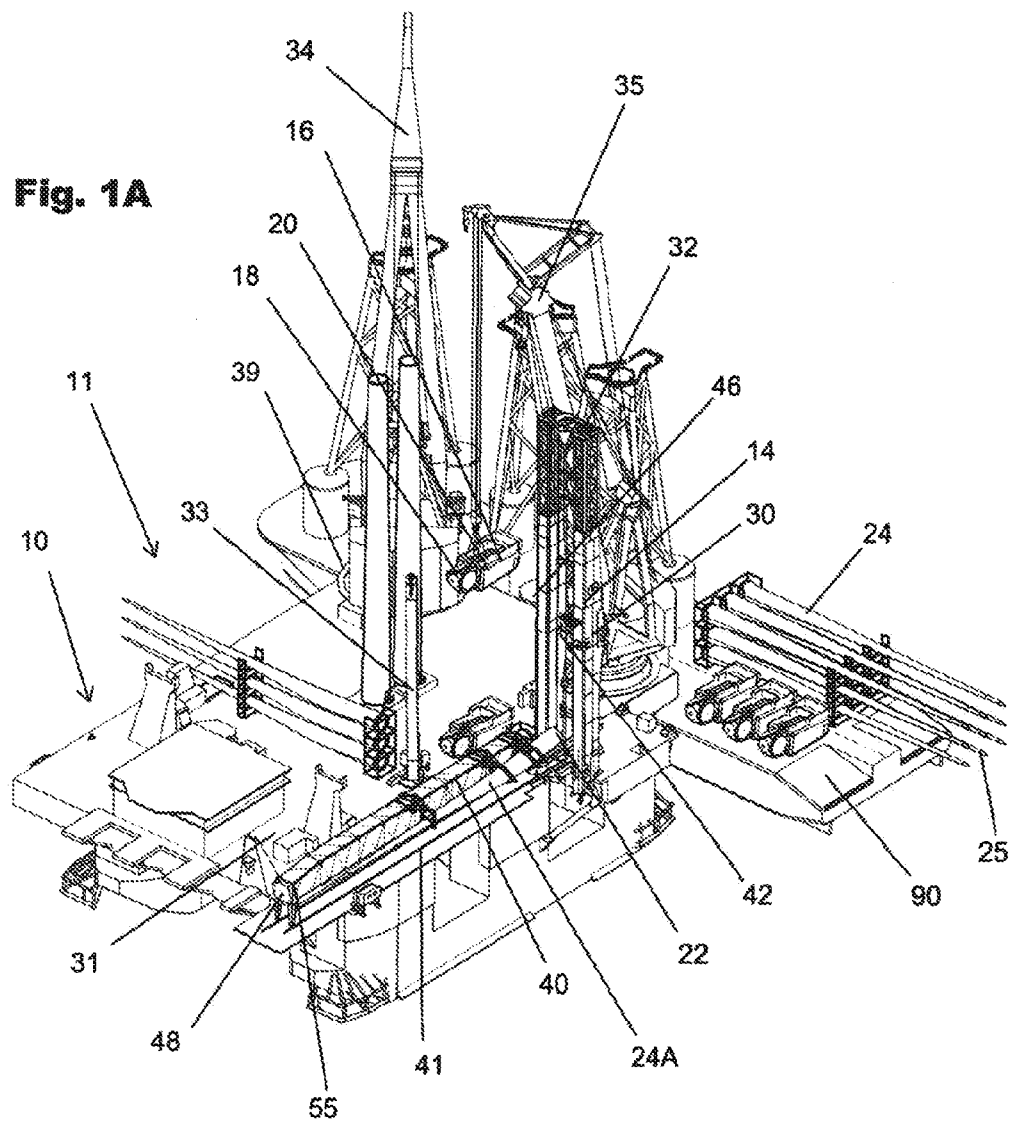
13. Nave de instalación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10-12, en donde el carril de carga (46) se extiende sobre una distancia horizontal alejada de la plataforma de soporte, estando un extremo del carril situado en la plataforma de soporte y estando el extremo opuesto situado de forma remota a la plataforma de soporte, y en donde el carro (60) está configurado para rodar o deslizarse a lo largo del carril de carga hacia dicha plataforma de soporte sobre dicha distancia horizontal desde la posición remota a la posición de instalación, en donde el carro soporta al menos un soporte de pala (44) y, en donde los uno o más dispositivos de elevación comprenden una grúa configurada para levantar la pala de la cubierta y colocar el extremo de raíz de la pala en el soporte de pala (44) en el carro mientras continúan soportando la pala durante el movimiento del carro hacia la góndola.

14. Nave de instalación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-13, que comprende al menos un primer dispositivo de elevación (34) y un segundo dispositivo de elevación (35), en donde el primer dispositivo de elevación es una primera grúa y el segundo dispositivo de elevación es una segunda grúa, en donde la primera y la segunda grúa se extienden por encima de la altura de la plataforma de soporte, en donde la primera grúa está configurada para instalar los cimientos sobre el lecho marino, en donde la segunda grúa está configurada para realizar simultáneamente operaciones de elevación para el conjunto del conjunto de góndola de rotor, también denominado RNA.

15. Nave de instalación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-14, en donde el sistema de movimiento de pala comprende accionadores (68, 69) para una colocación precisa del extremo de raíz, con respecto al conector de extremo de raíz en una dirección Y y Z que son ortogonales a una dirección longitudinal de la pala, en donde los accionadores están configurados en particular para alinear múltiples extremos roscados del extremo de raíz con múltiples orificios asociados en el conector de extremo de raíz.

16. Nave de instalación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-15, en donde la plataforma de soporte (32) comprende un sistema de movimiento de góndola (119) que comprende accionadores (121A-121D, 123A-123D) configurados para mover la góndola (16) que incluye el buje (18) en al menos una dirección Y y una dirección Z con respecto a una parte fija (124) de la plataforma y con respecto a la pala (24) que se sujeta mediante el al menos un soporte de pala (44) y/o en donde los accionadores están configurados para mover la góndola y el buje en una dirección X, Y y Z y para pivotar la góndola y el buje alrededor de los ejes X, Y y Z para alinear un conector de extremo de raíz (20) con un extremo de raíz (22) de la pala.

17. Nave de instalación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-16, en donde la plataforma de soporte comprende una montura (125) a la que se puede conectar la góndola, y en donde los accionadores son cilindros hidráulicos dispuestos en un primer grupo superior (120) de accionadores (121A-121D) y un segundo grupo inferior (122) de accionadores (123A-123D) proporcionado a una distancia por debajo del primer grupo, en donde los accionadores se extienden entre la porción fija (124) de la plataforma de soporte y la montura.



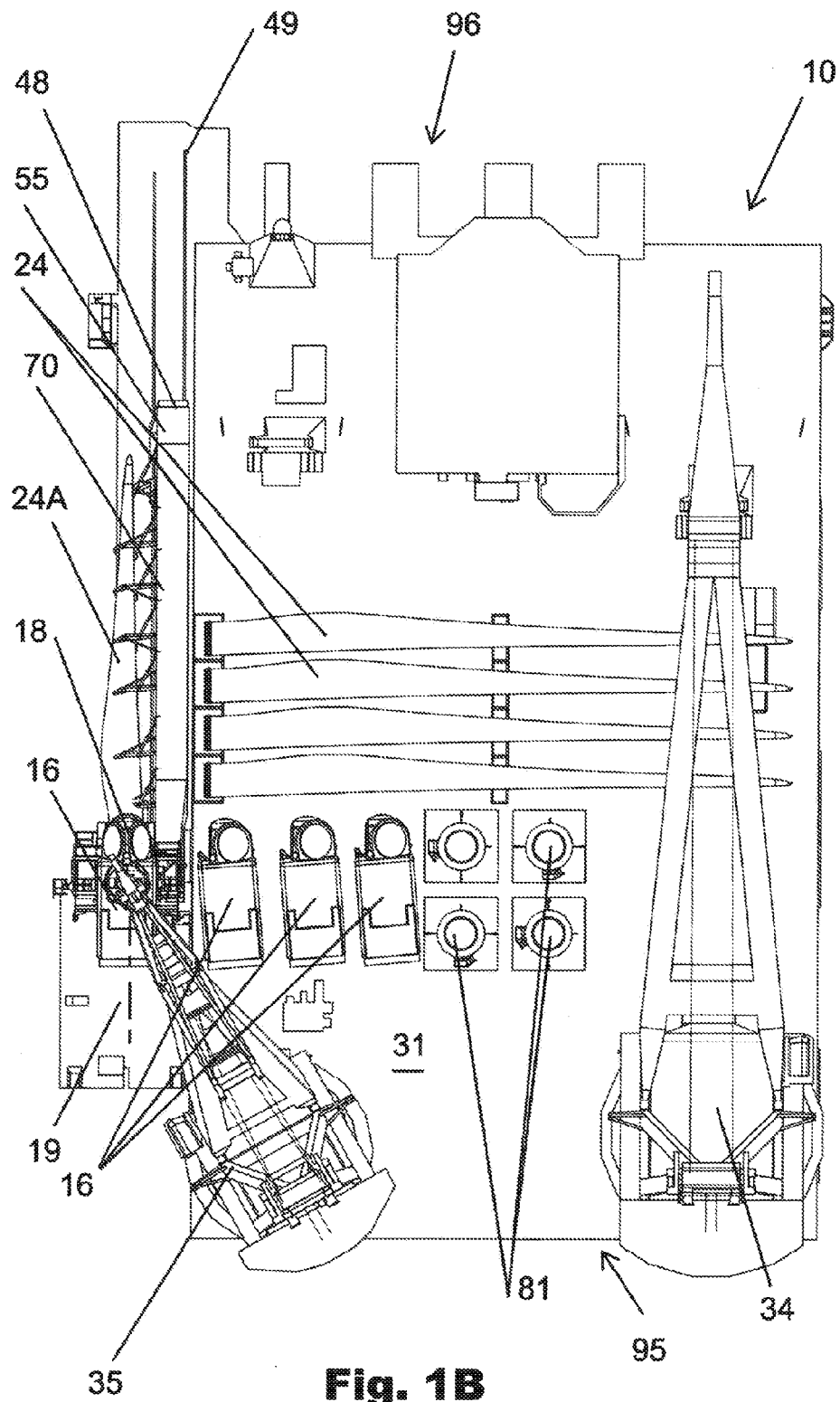


Fig. 1B

Fig. 2

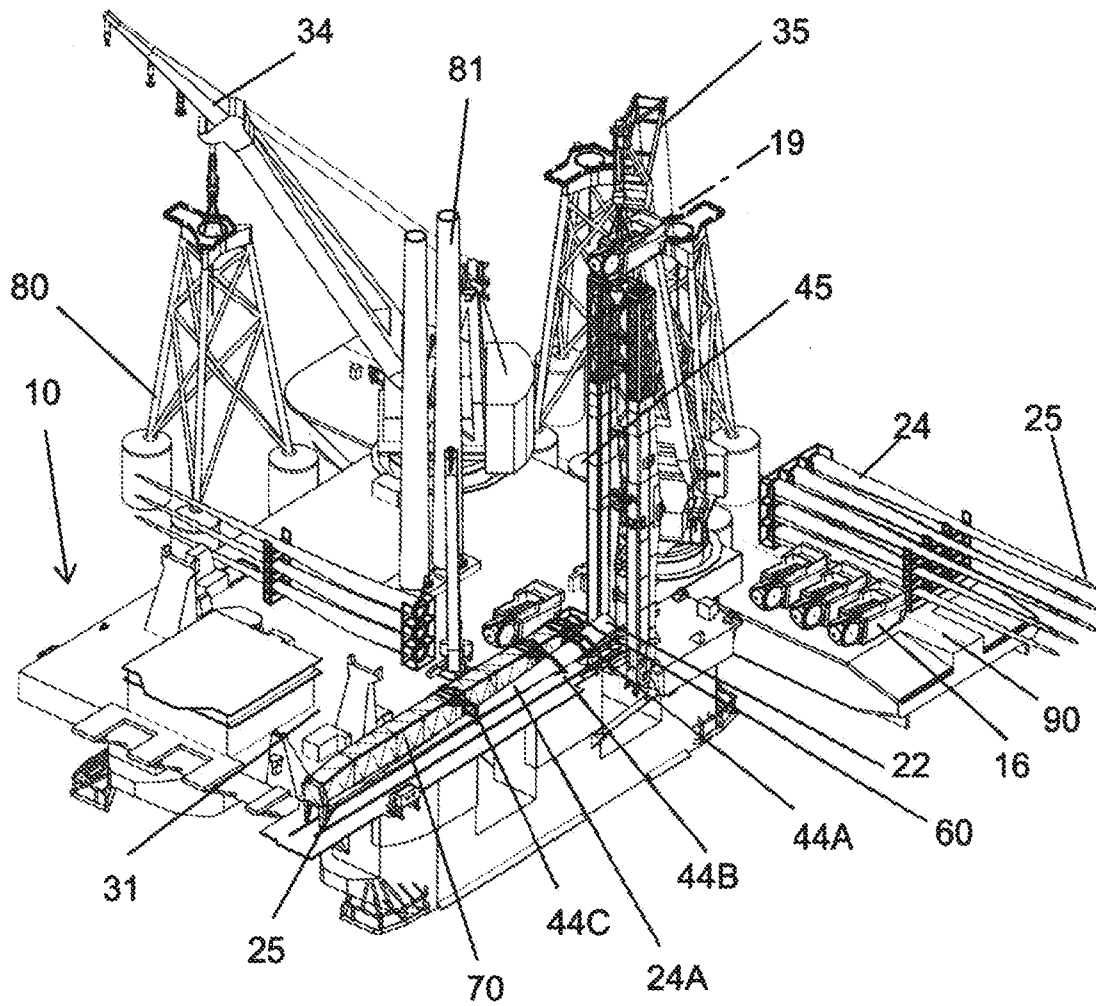


Fig. 3

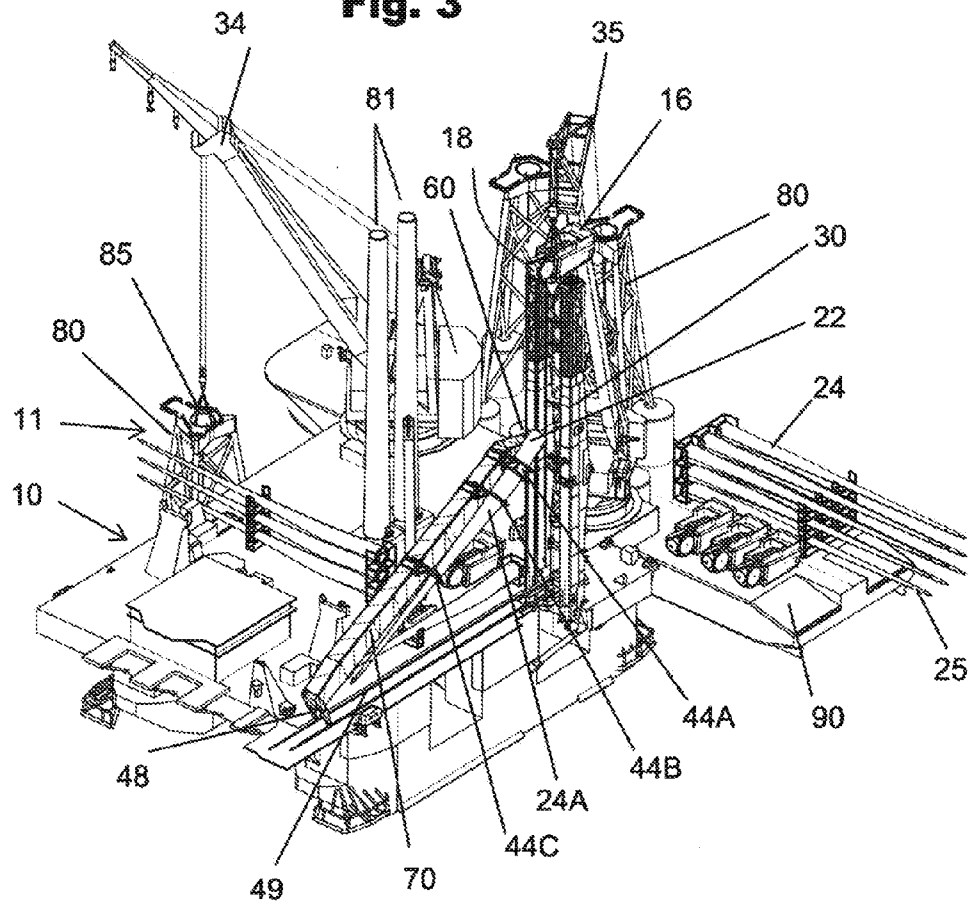


Fig. 4

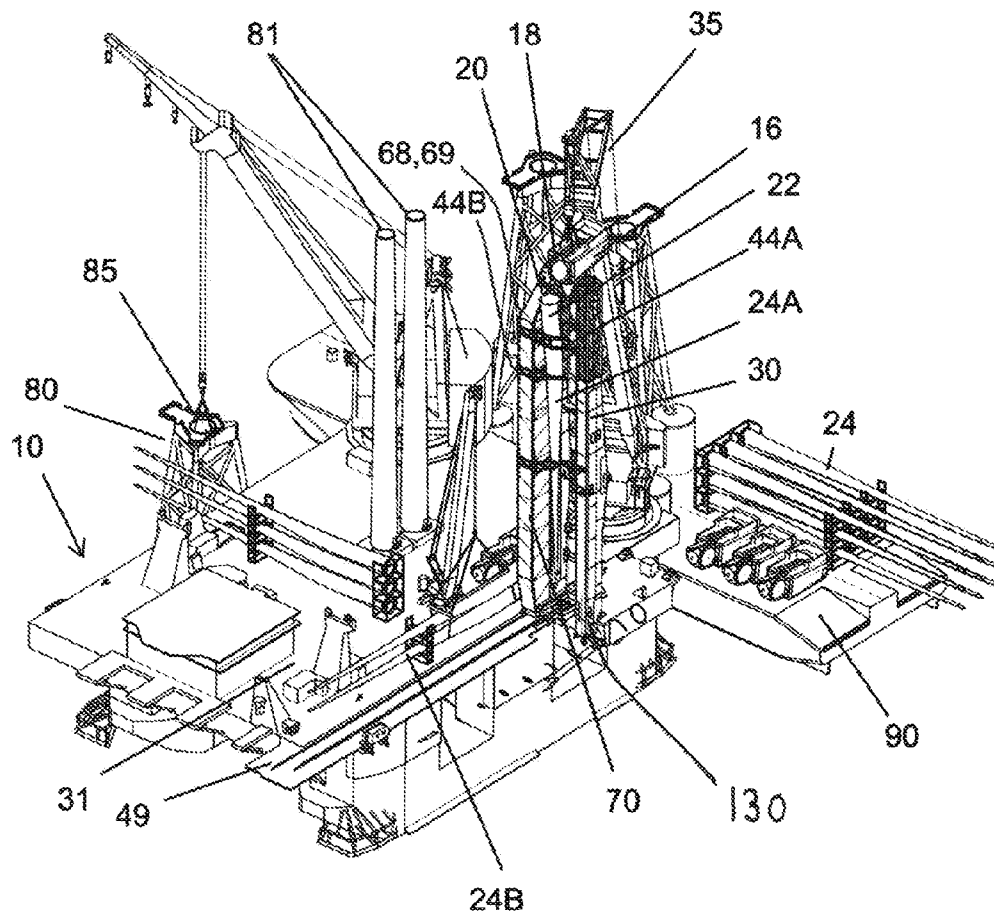


Fig. 5

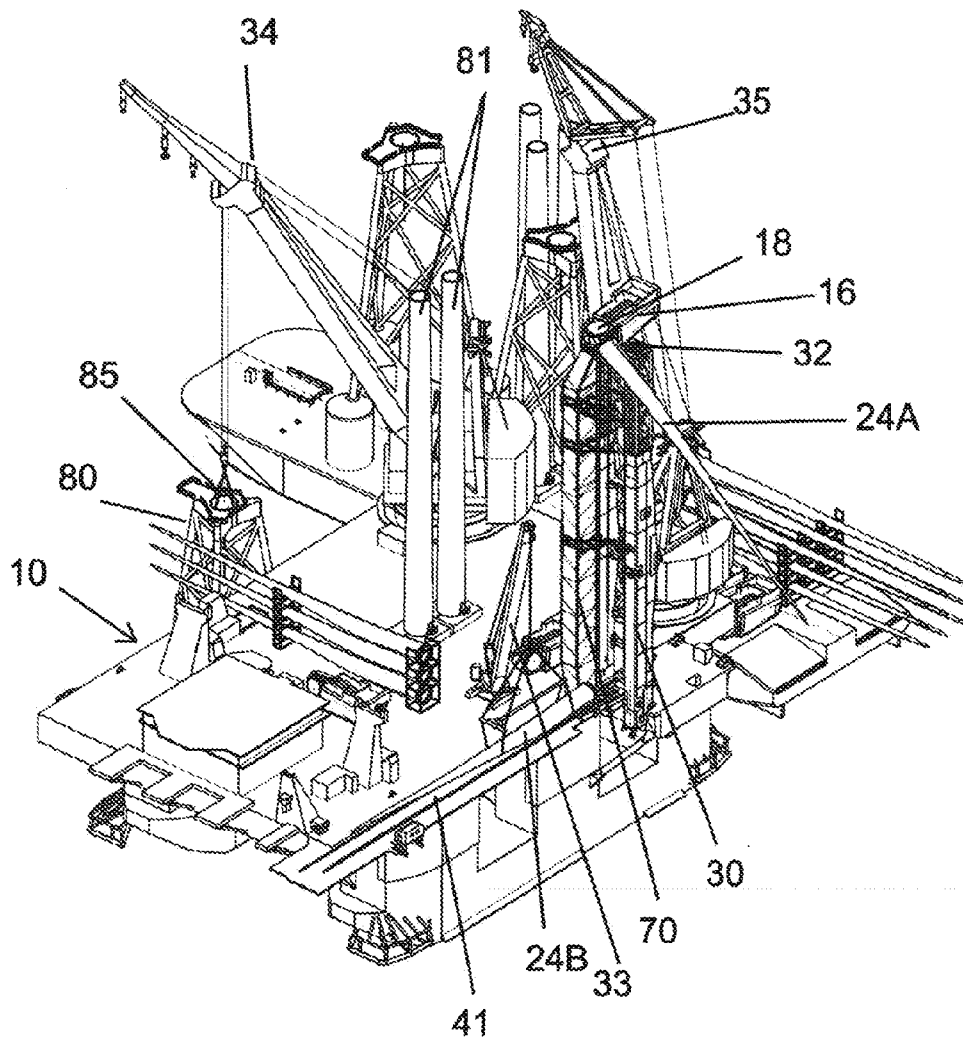


Fig. 6

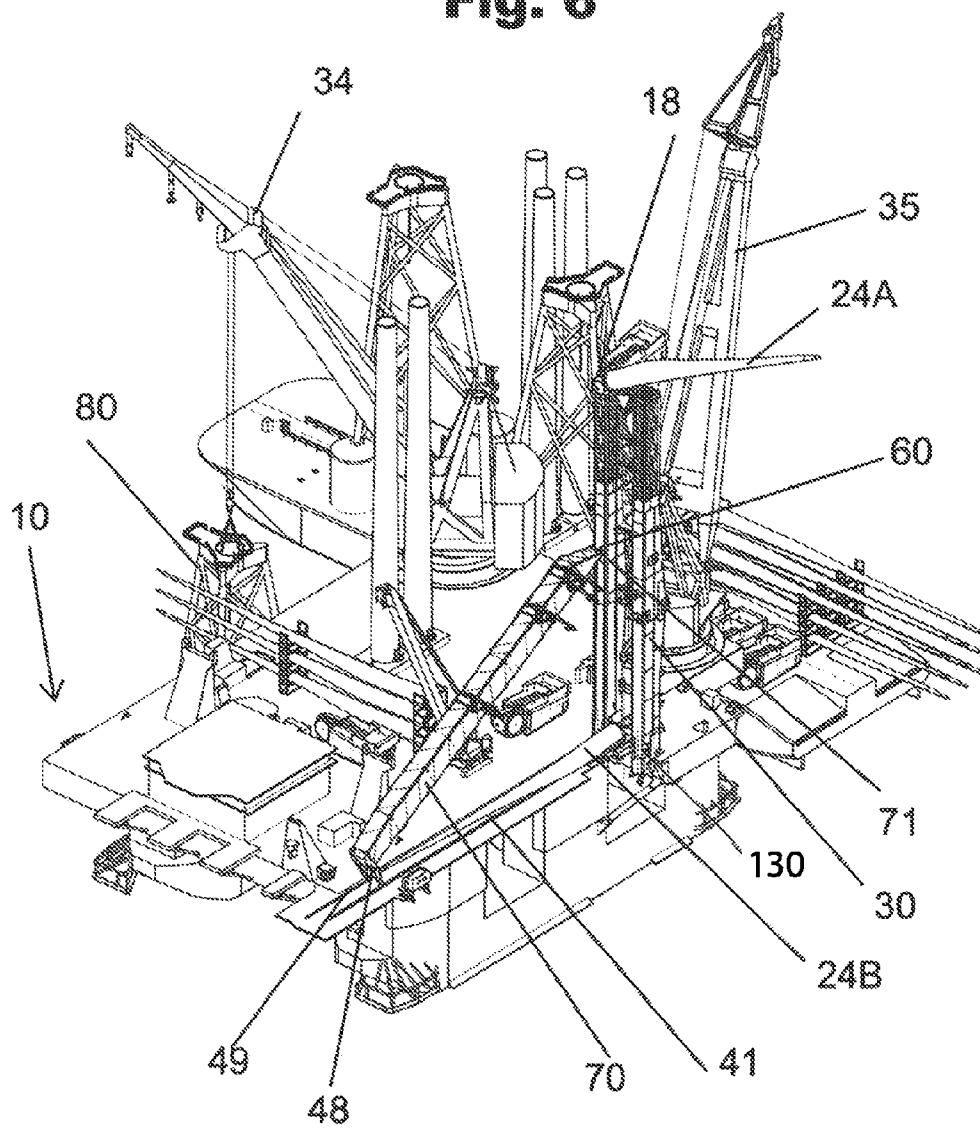


Fig. 7

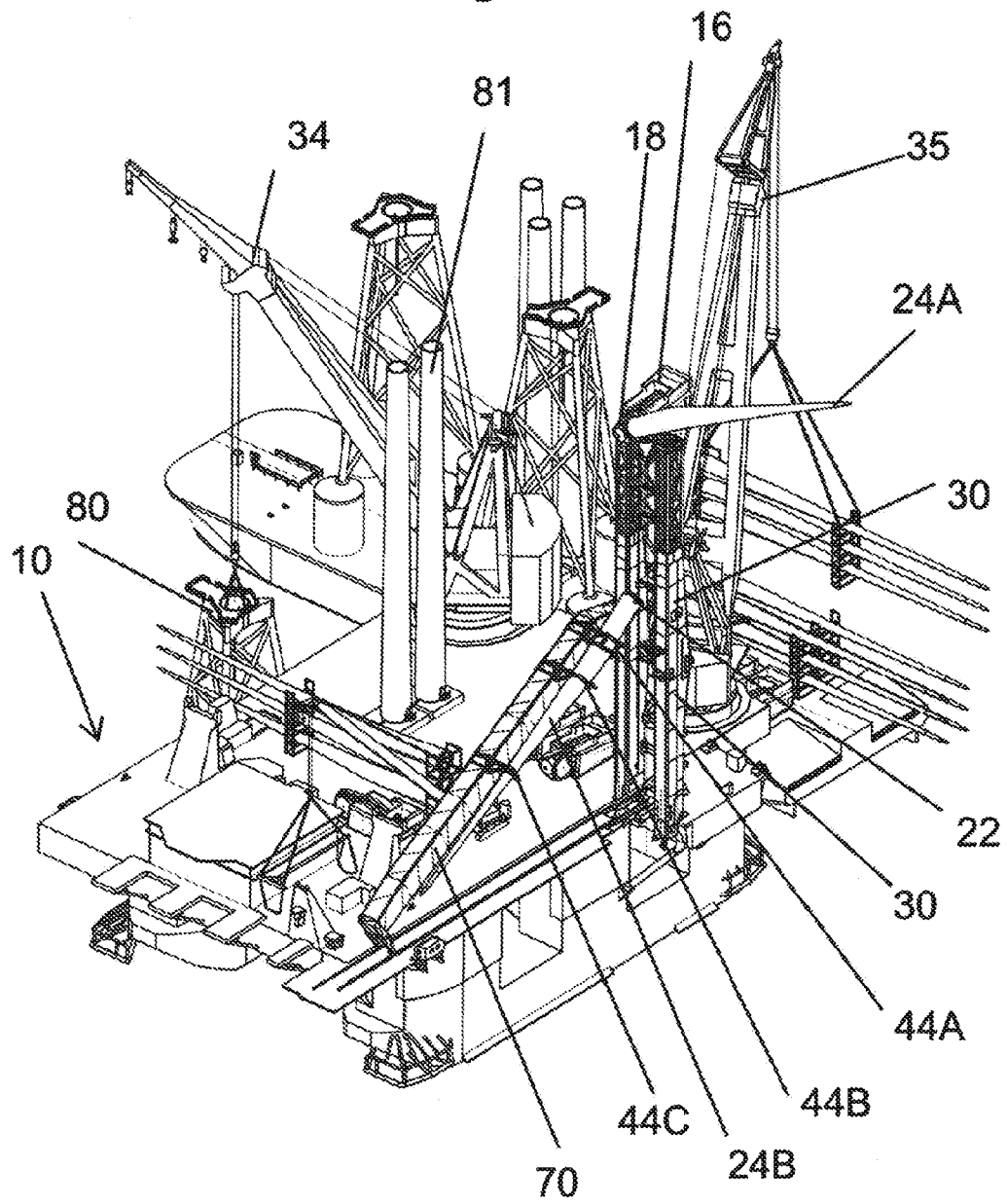


Fig. 8

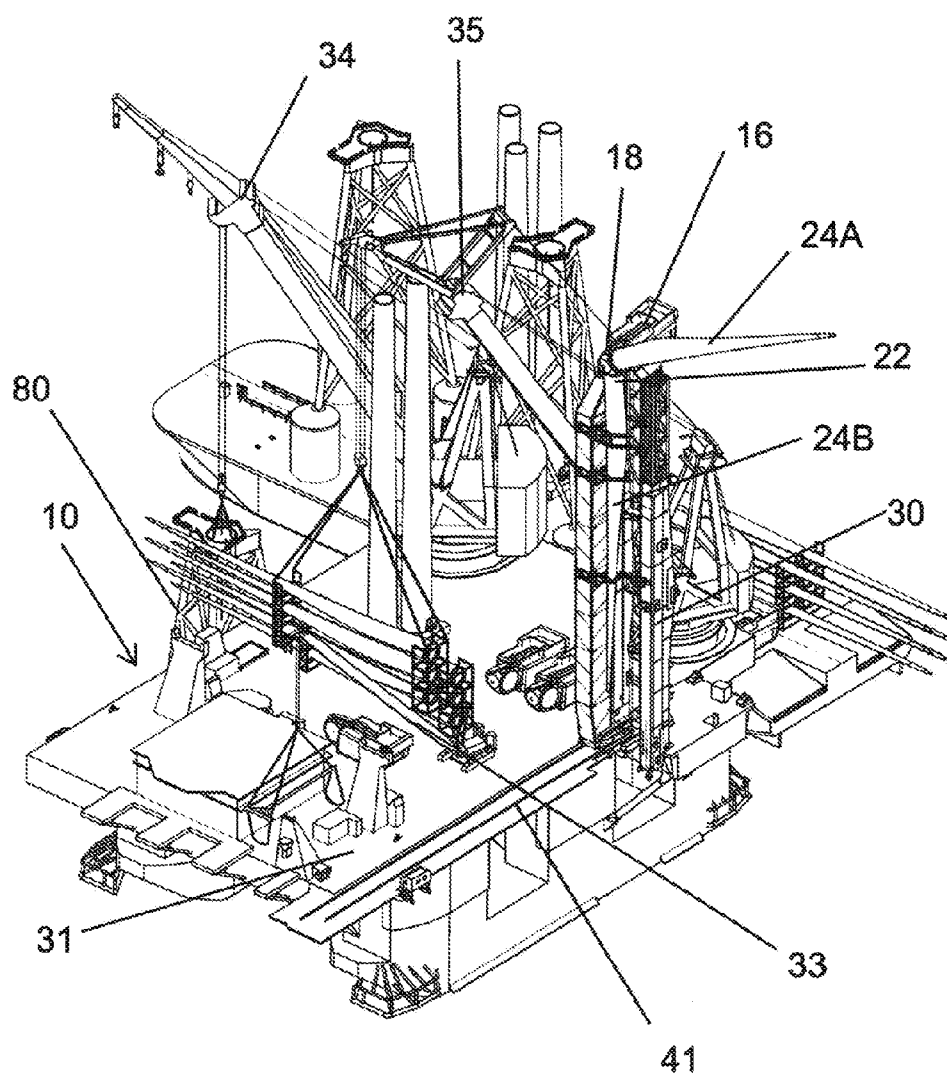


Fig. 9

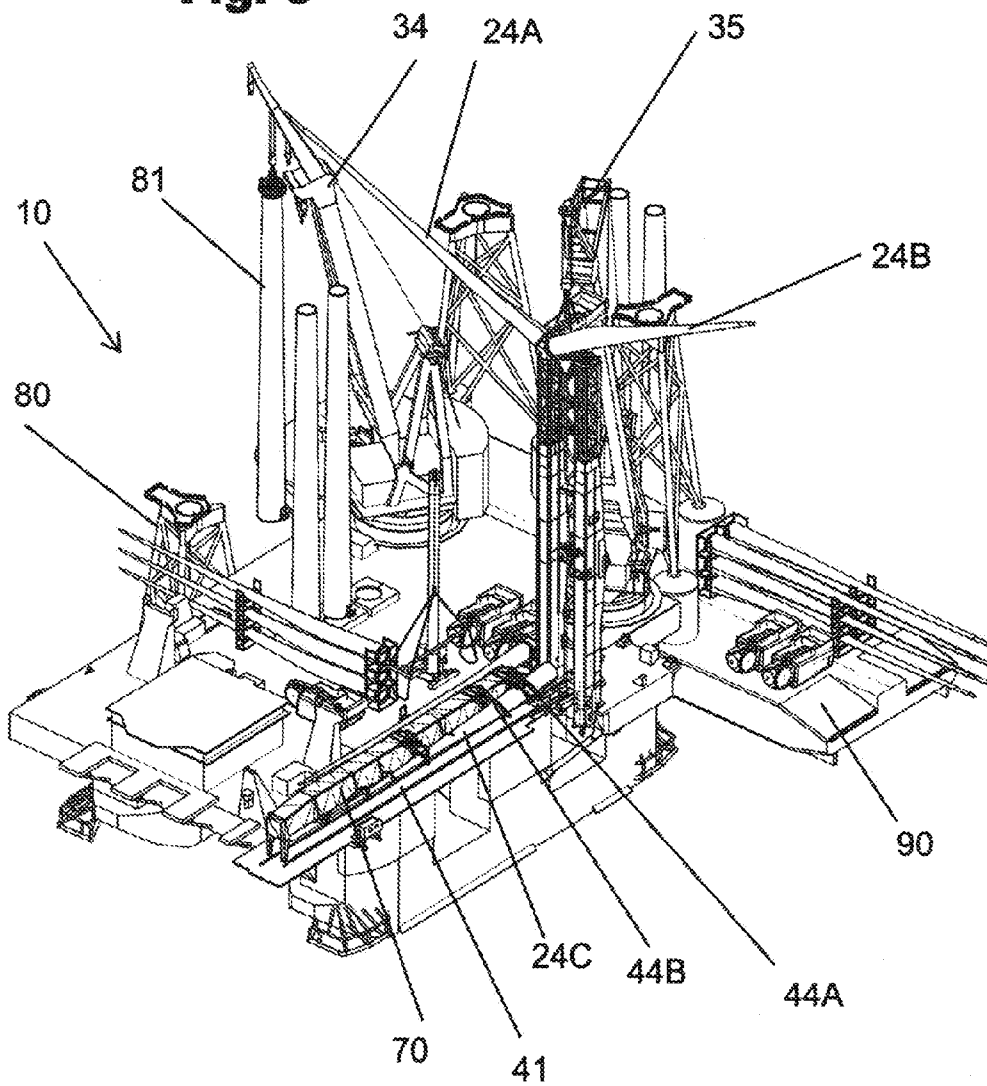


Fig.10

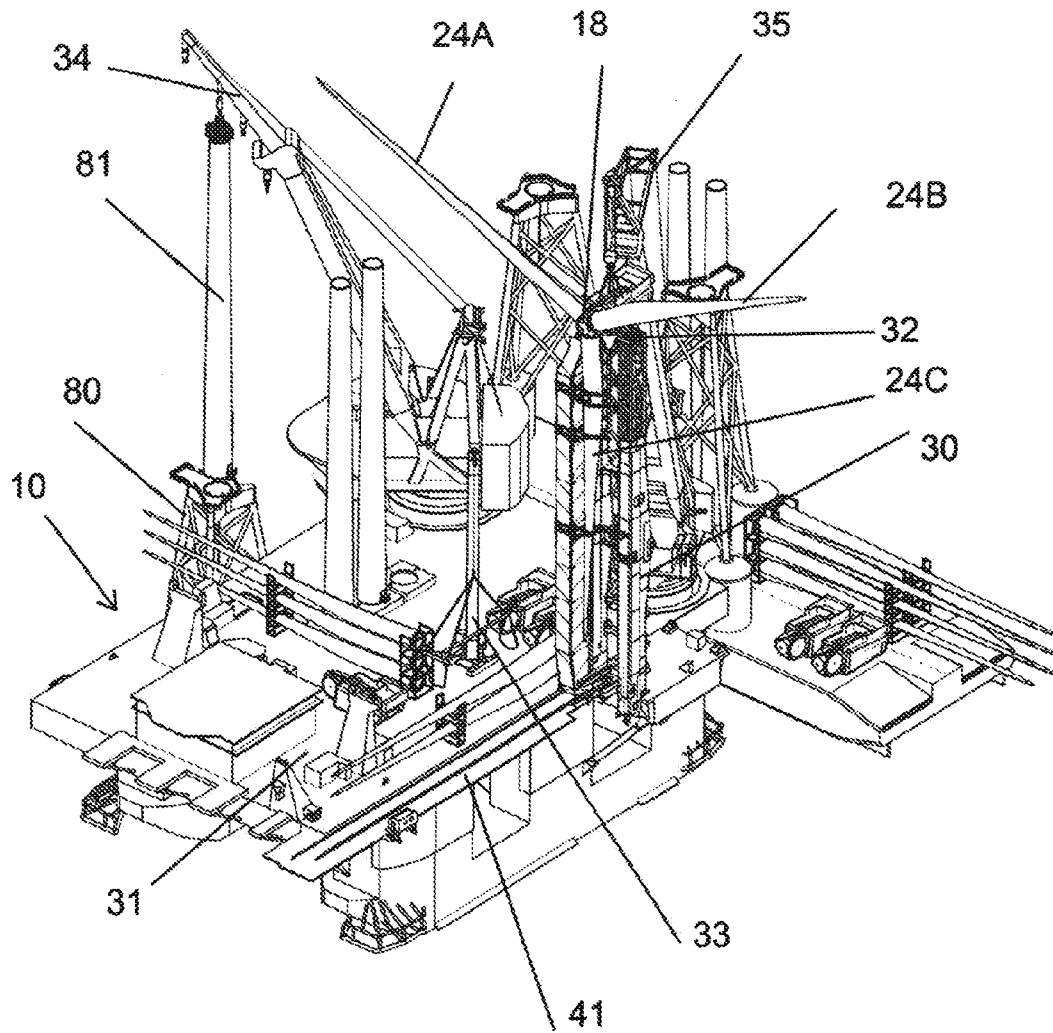


Fig.11

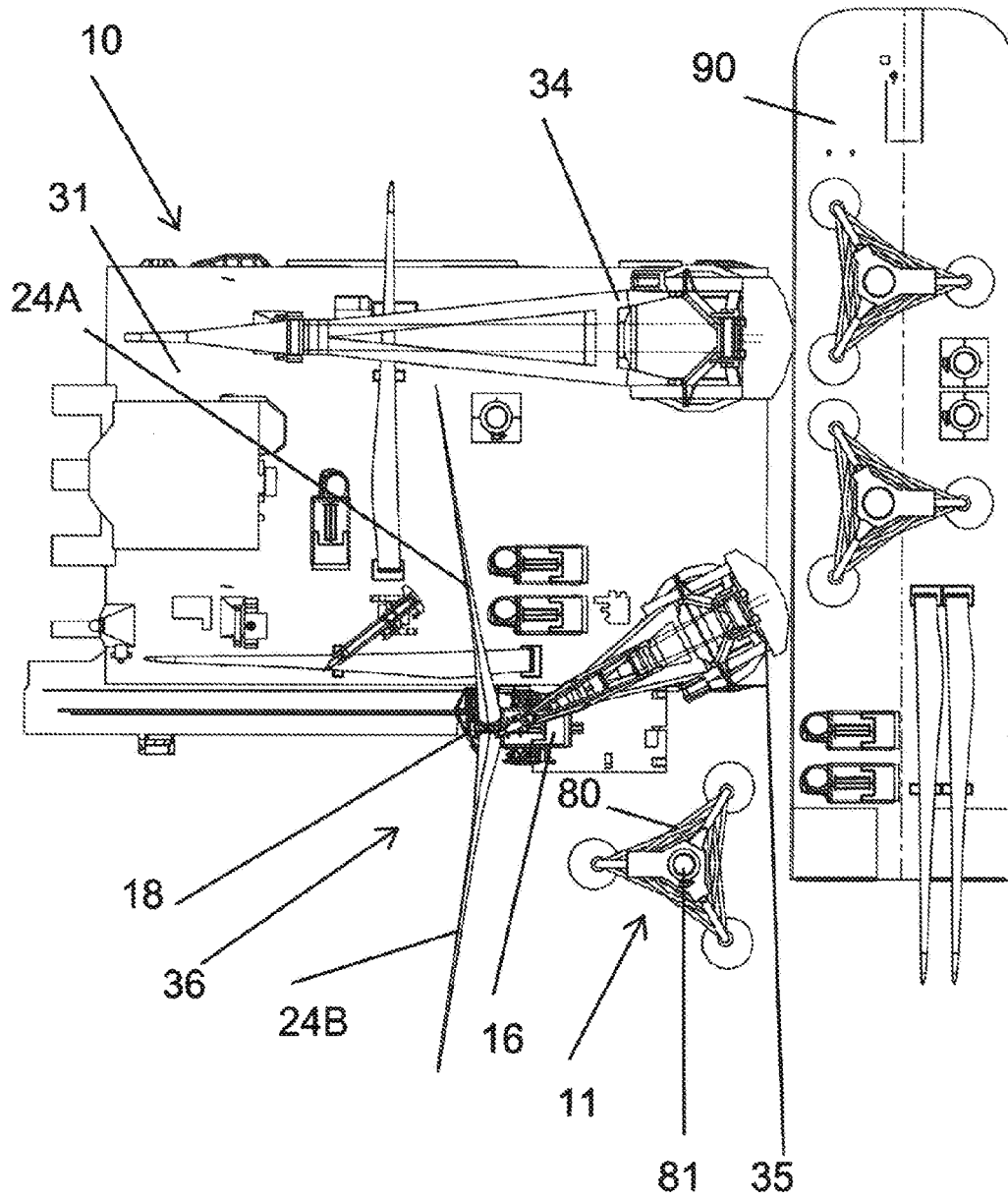


Fig.12

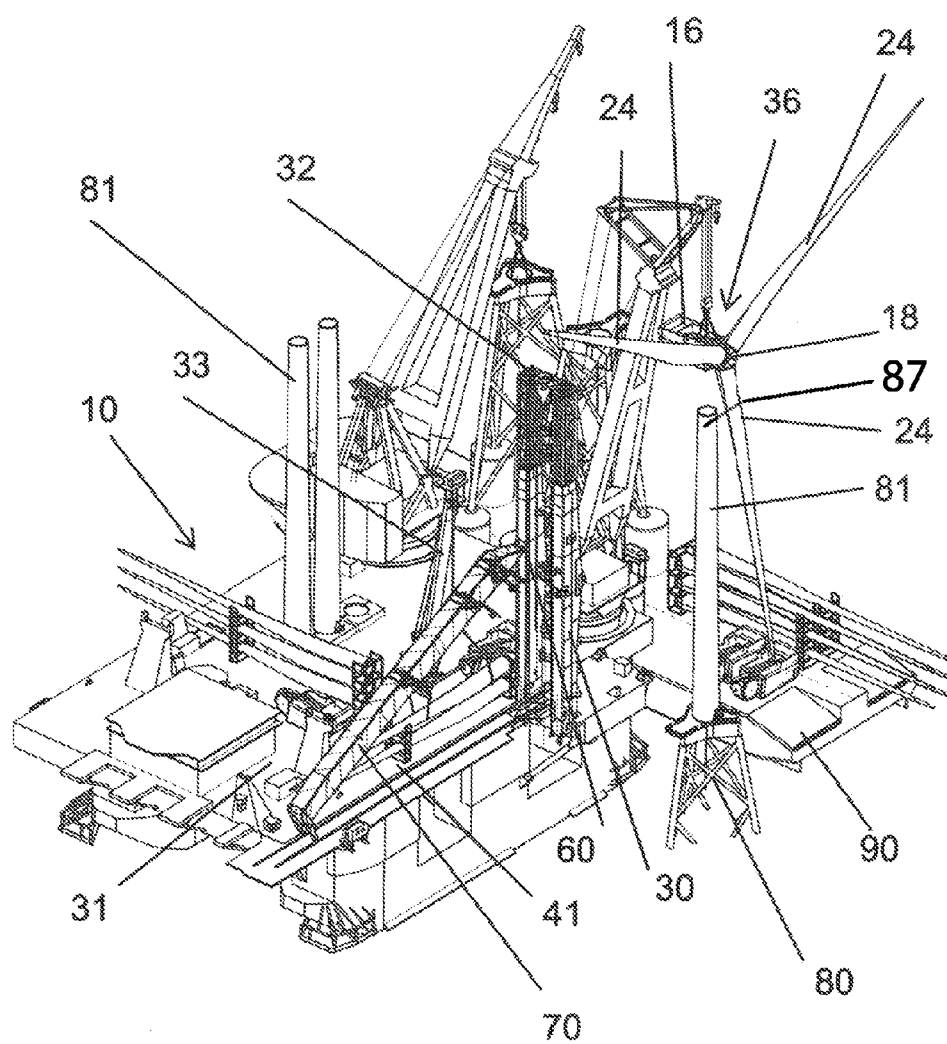
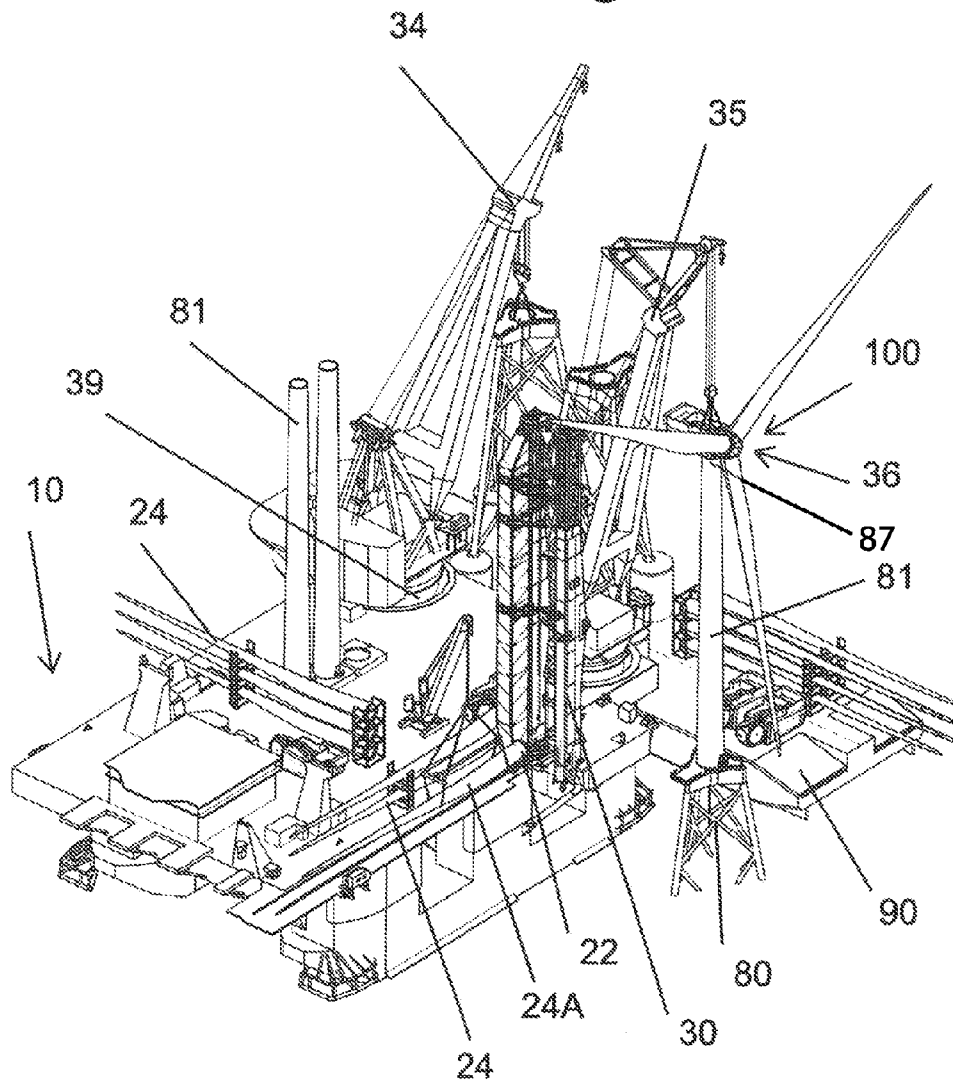
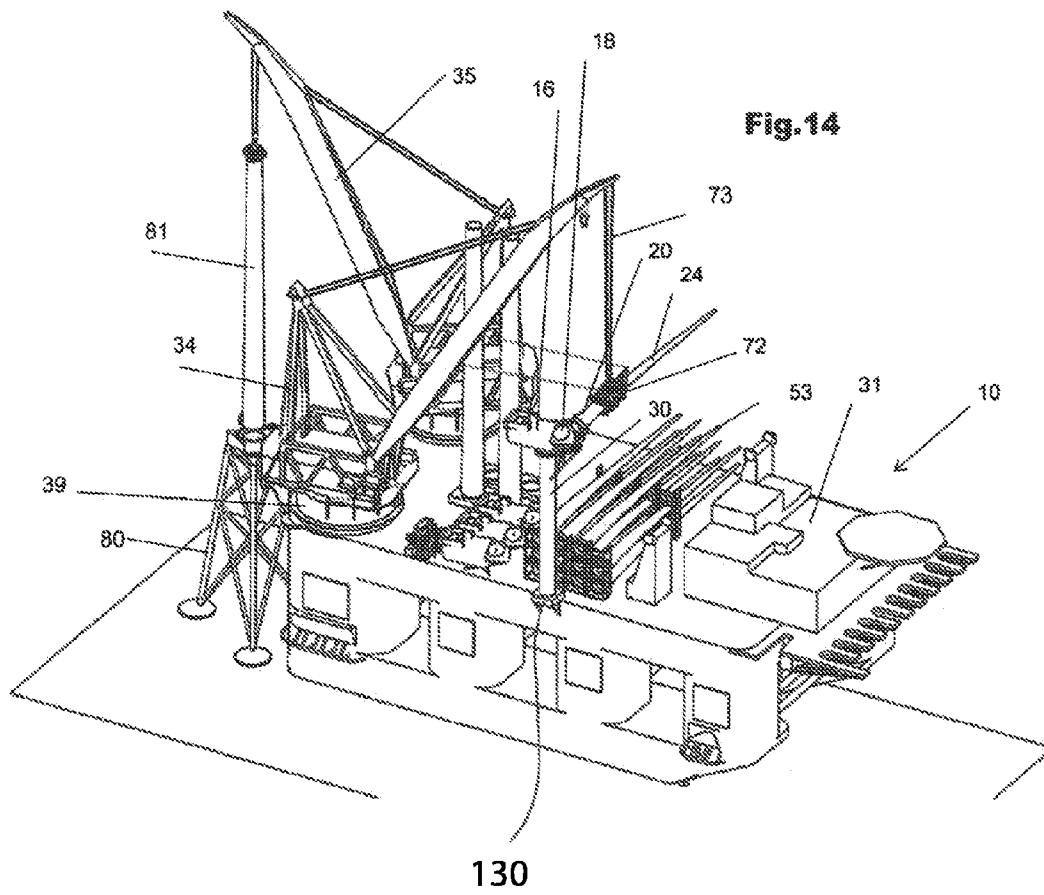


Fig.13





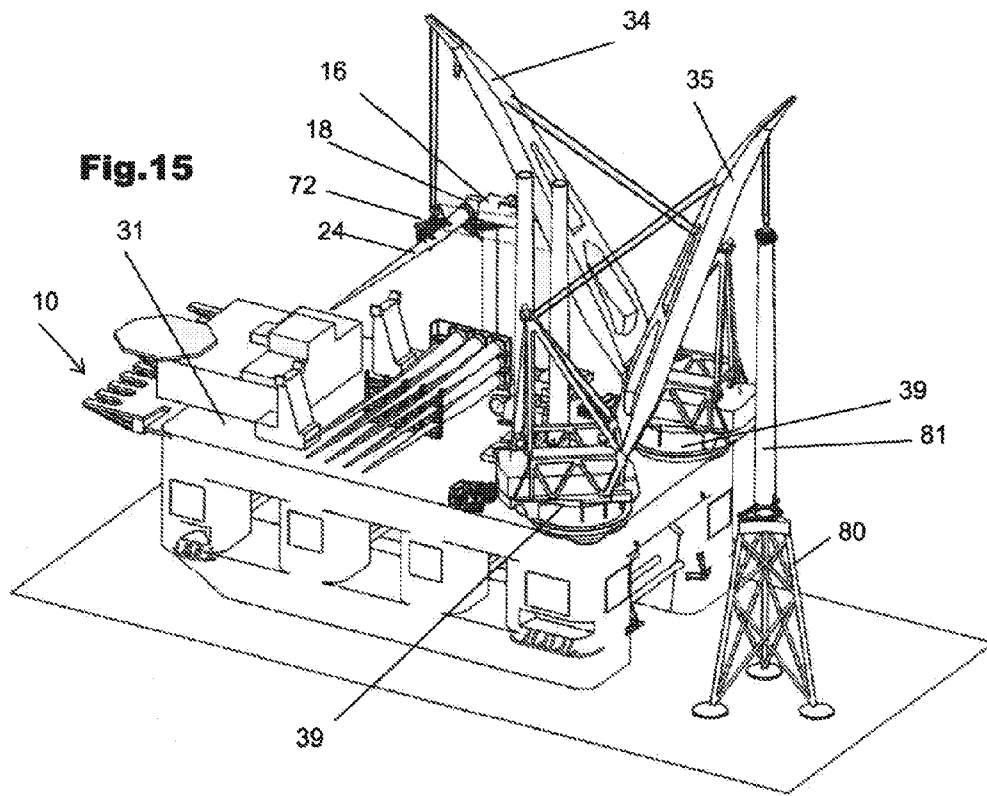


Fig.16

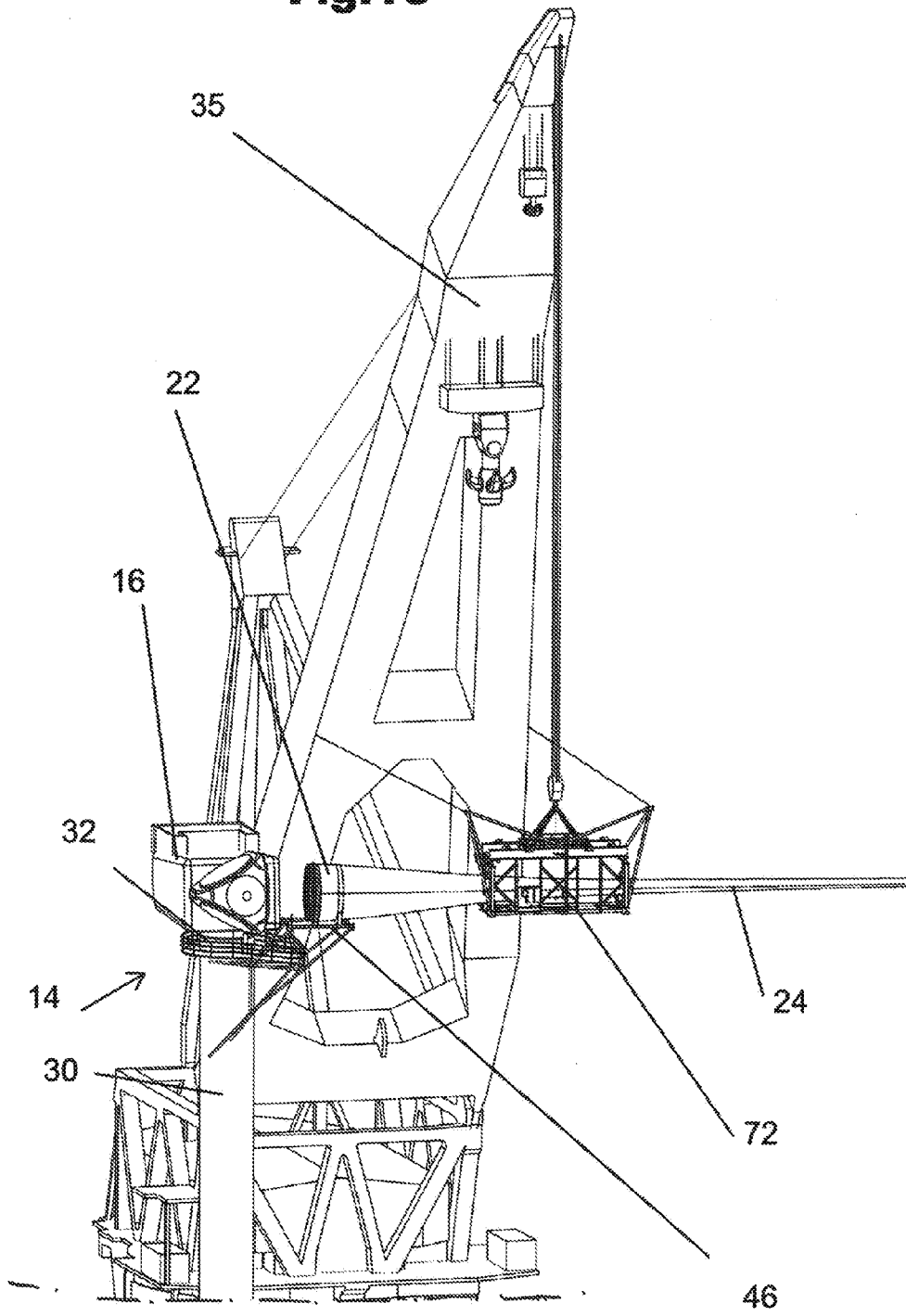


Fig. 17A

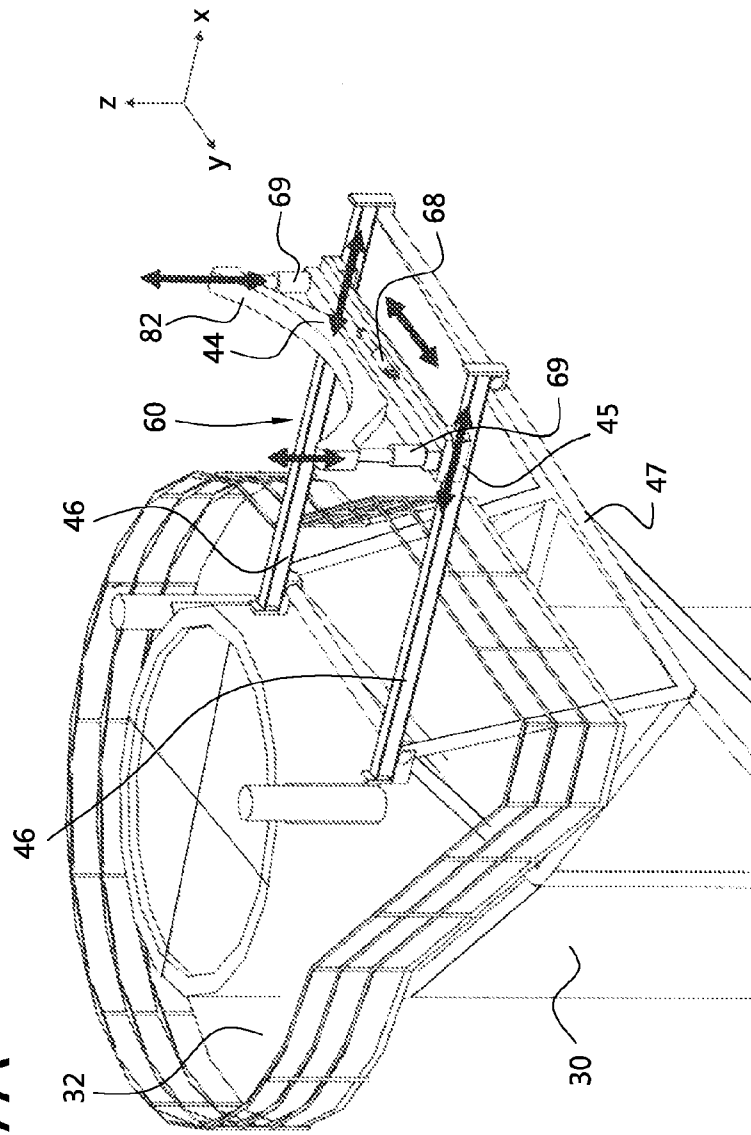


Fig. 17B

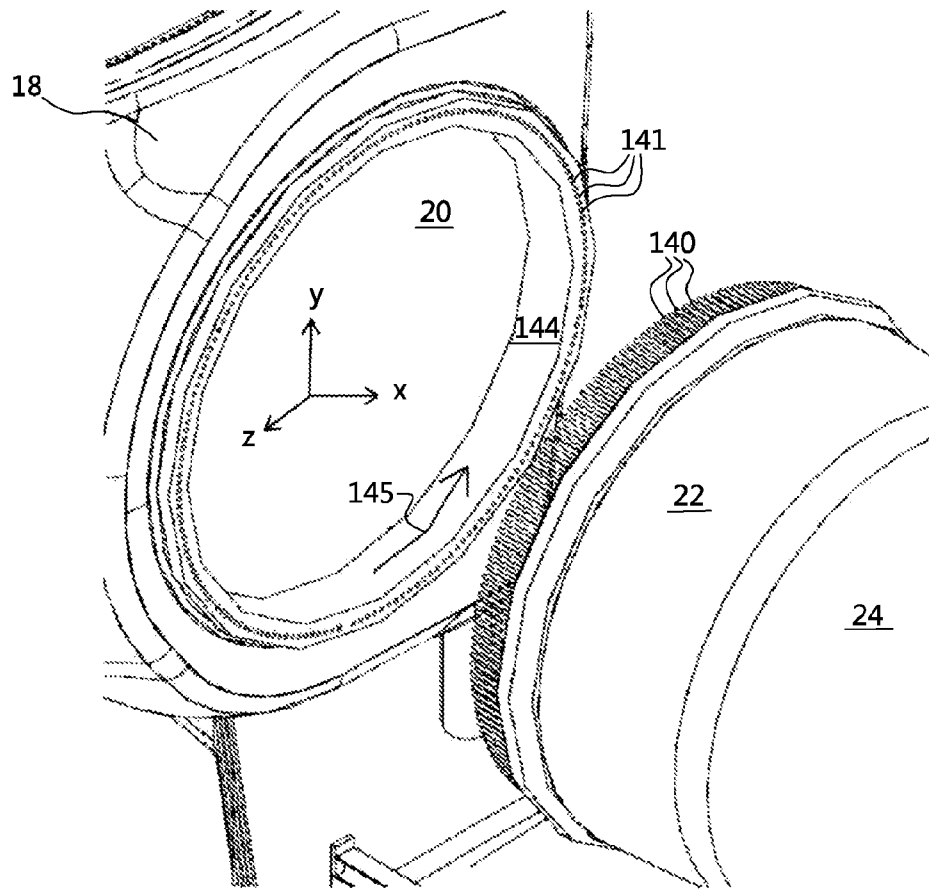


Fig. 18

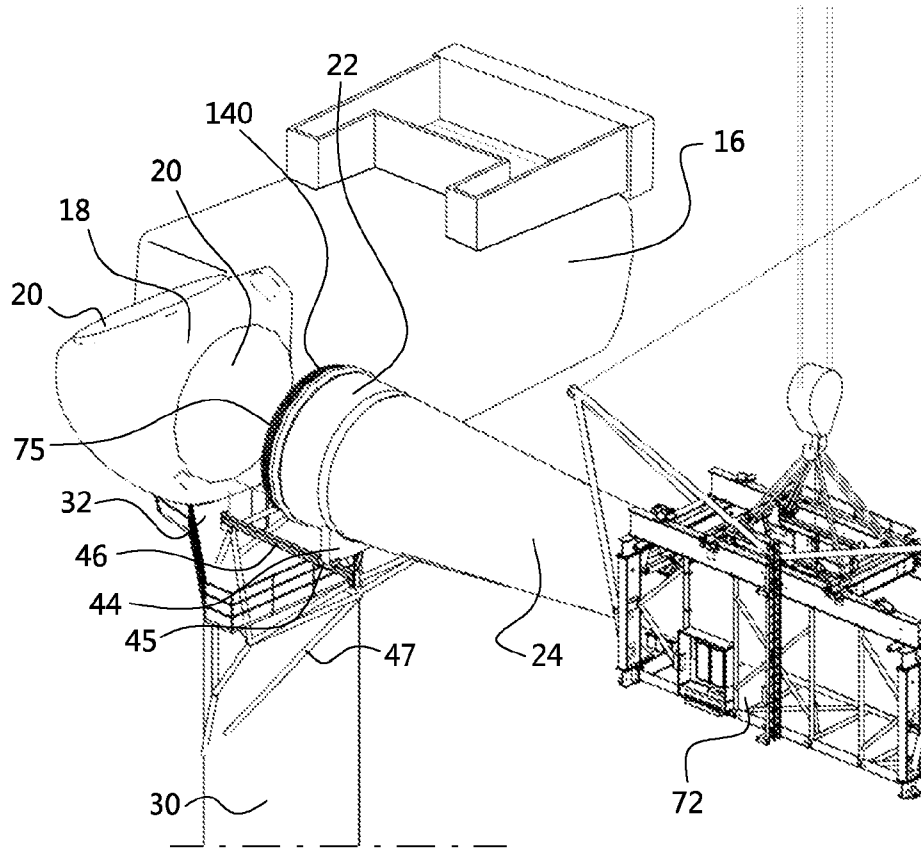


Fig. 19

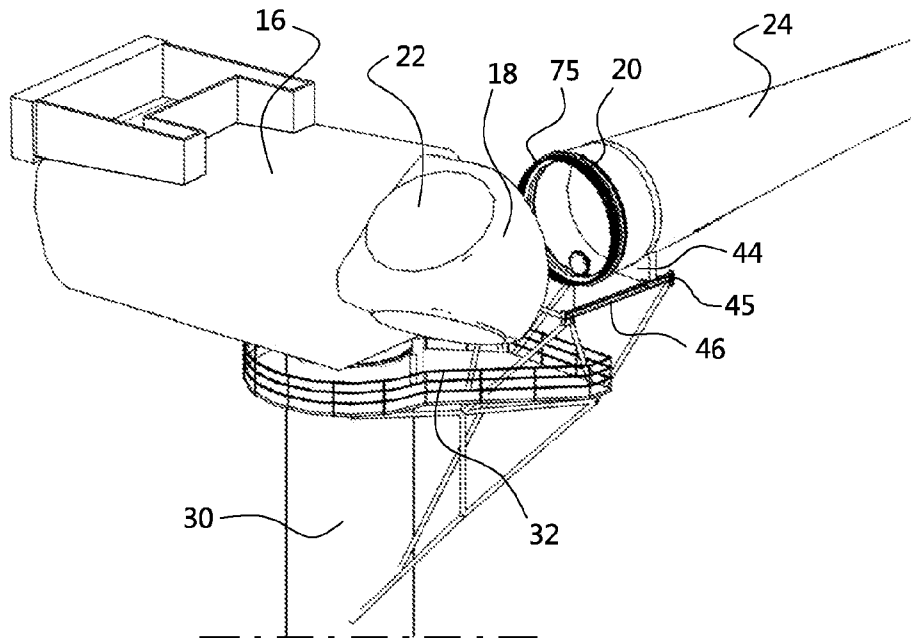


Fig. 20

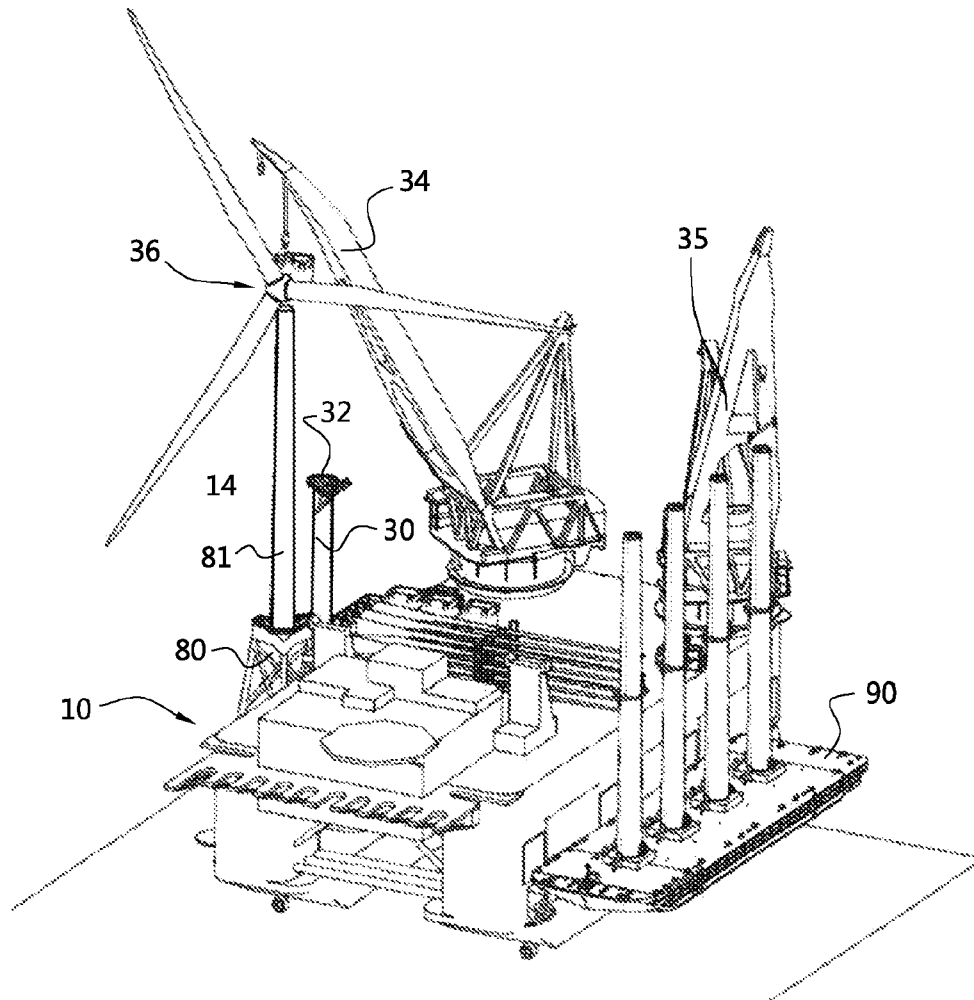


Fig. 21

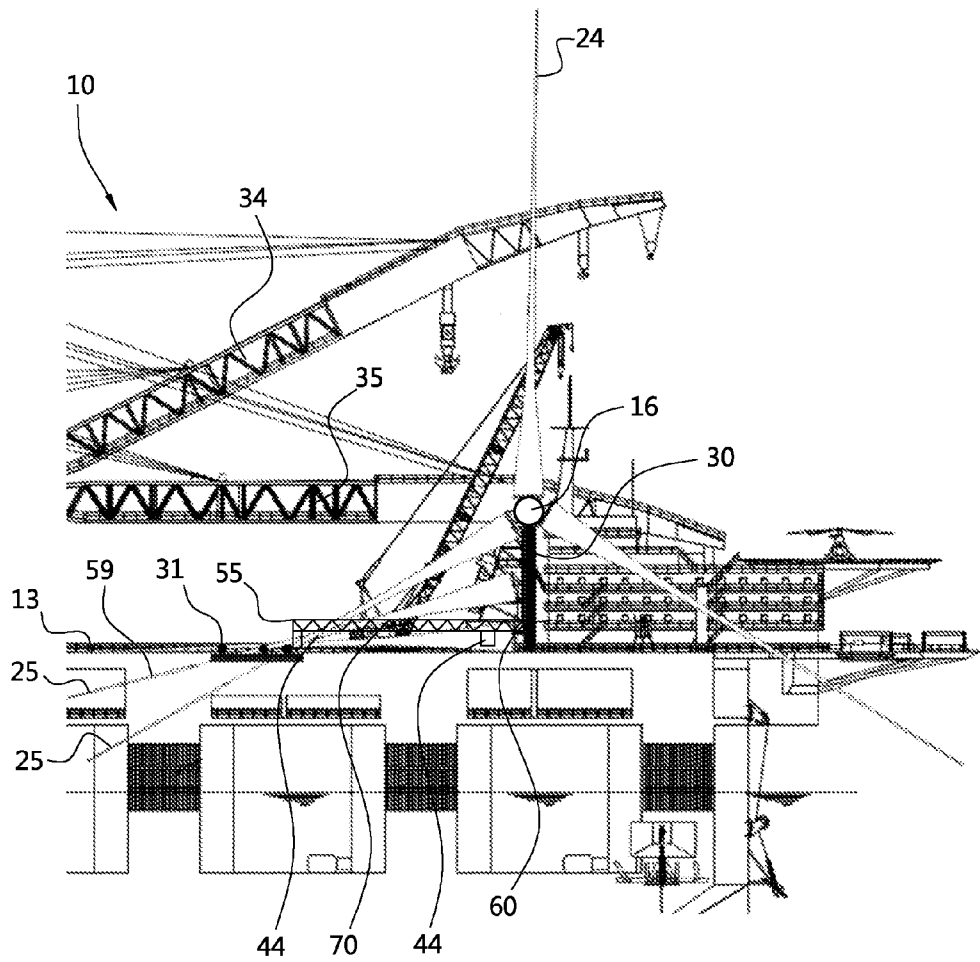


Fig. 22

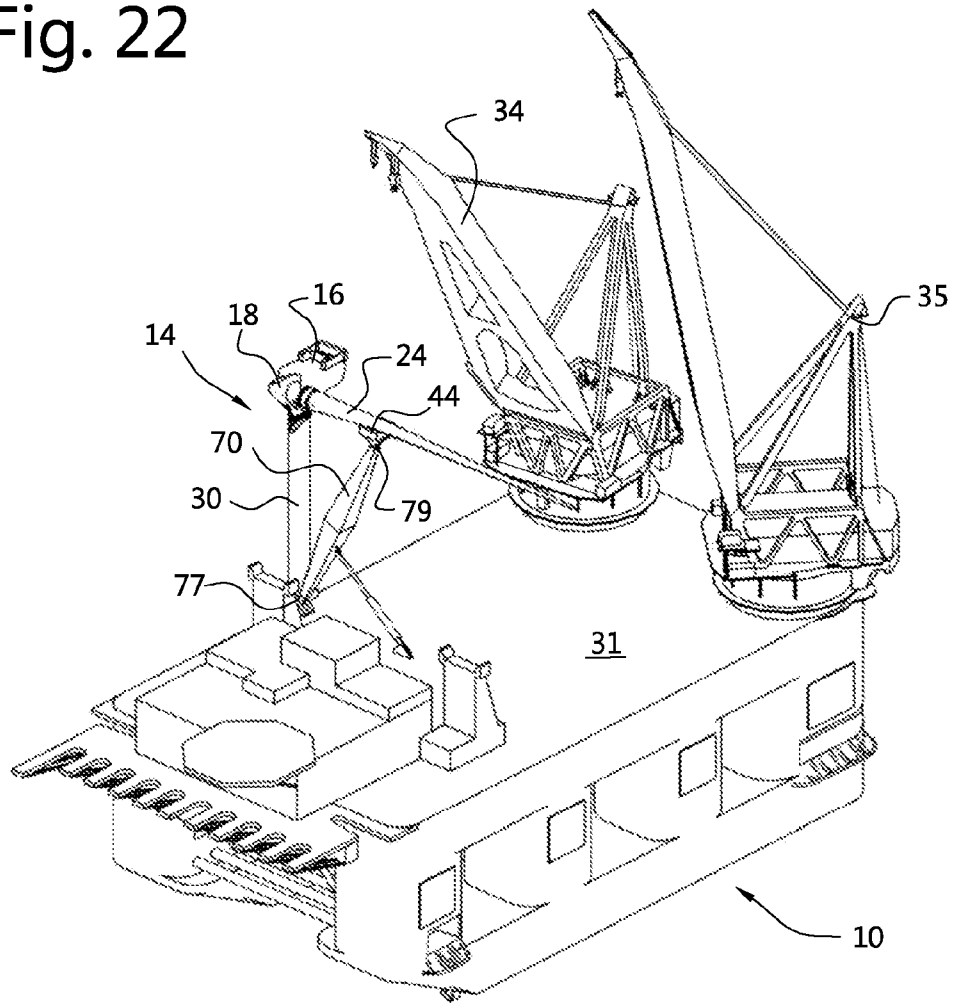


Fig. 23

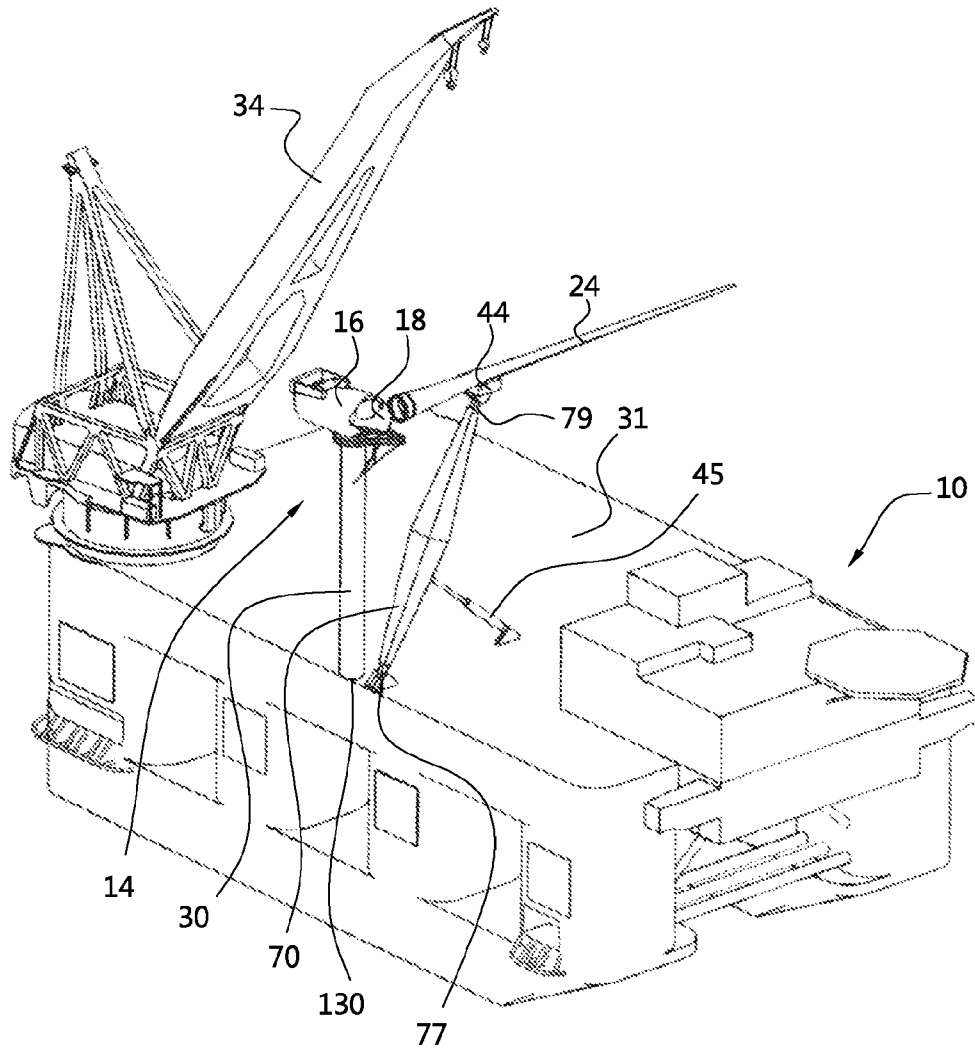


Fig. 24

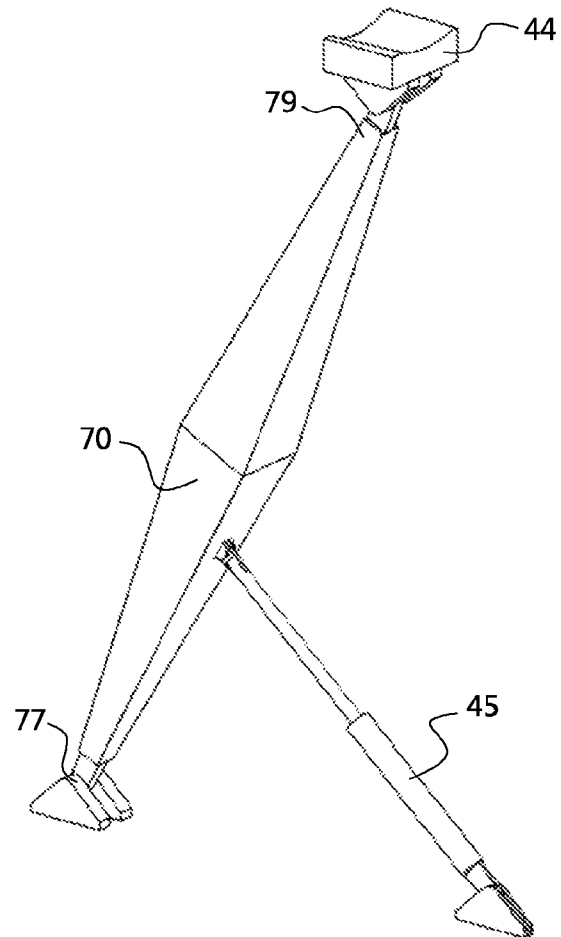


Fig. 25

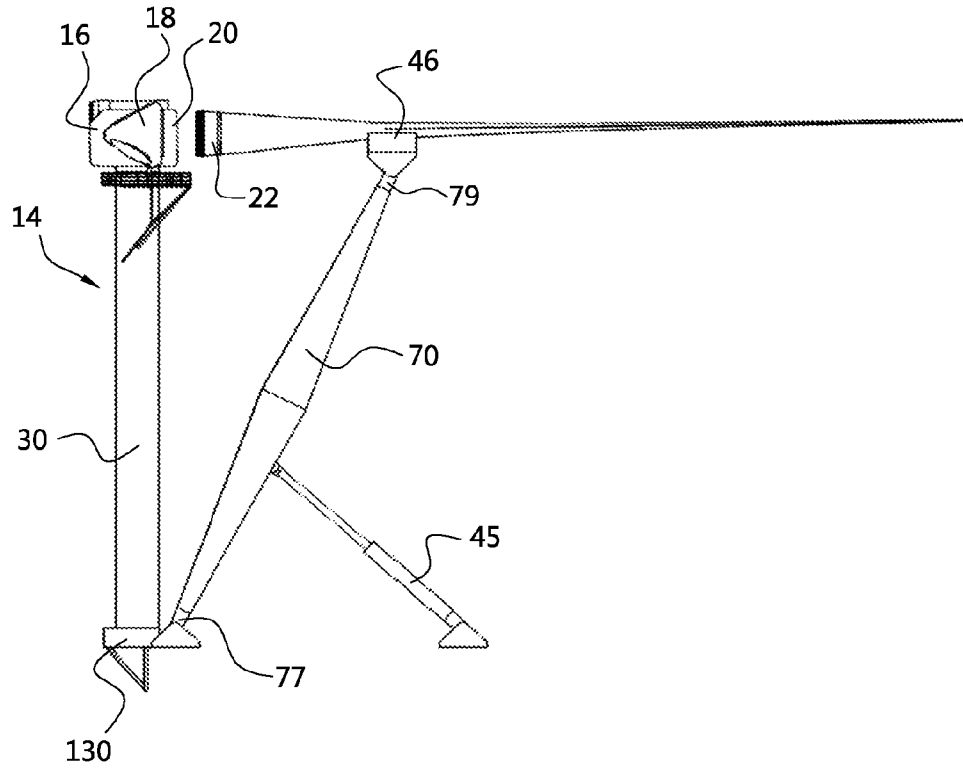


Fig. 26

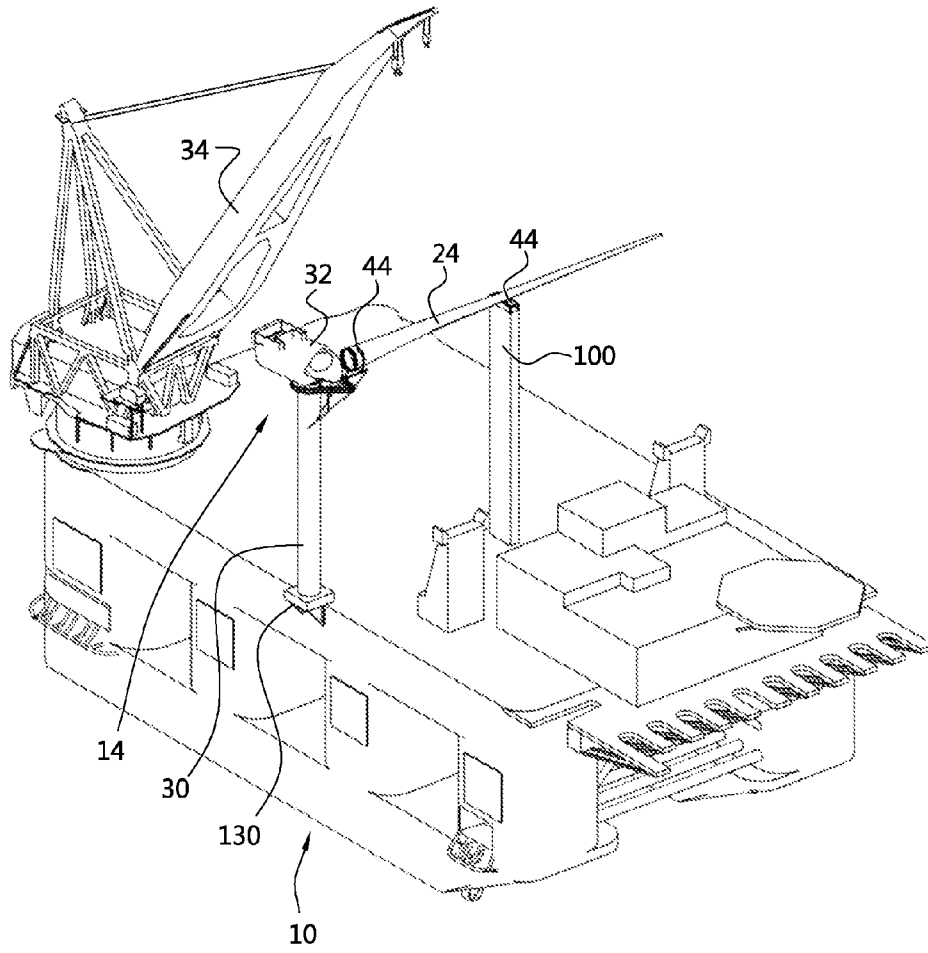


Fig. 27

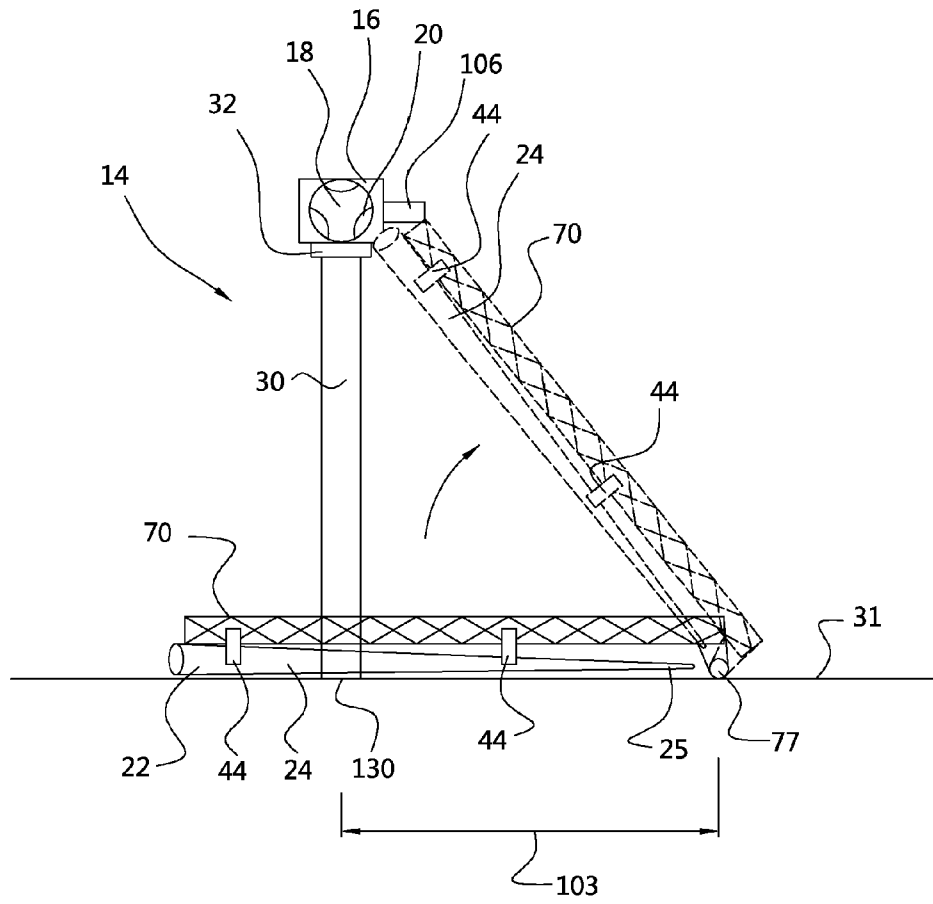


Fig. 28

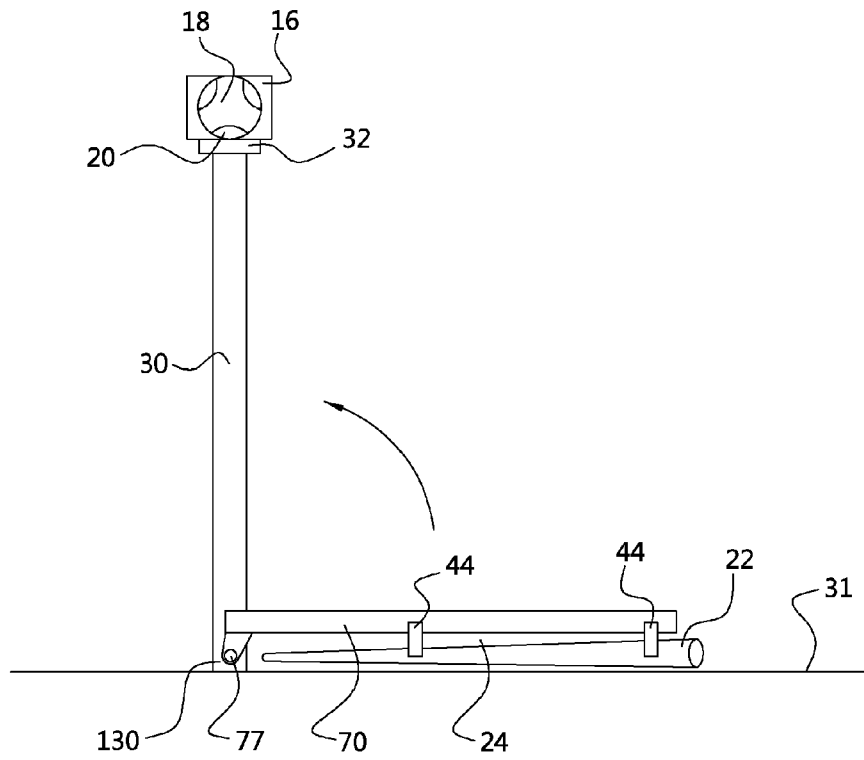


Fig. 29

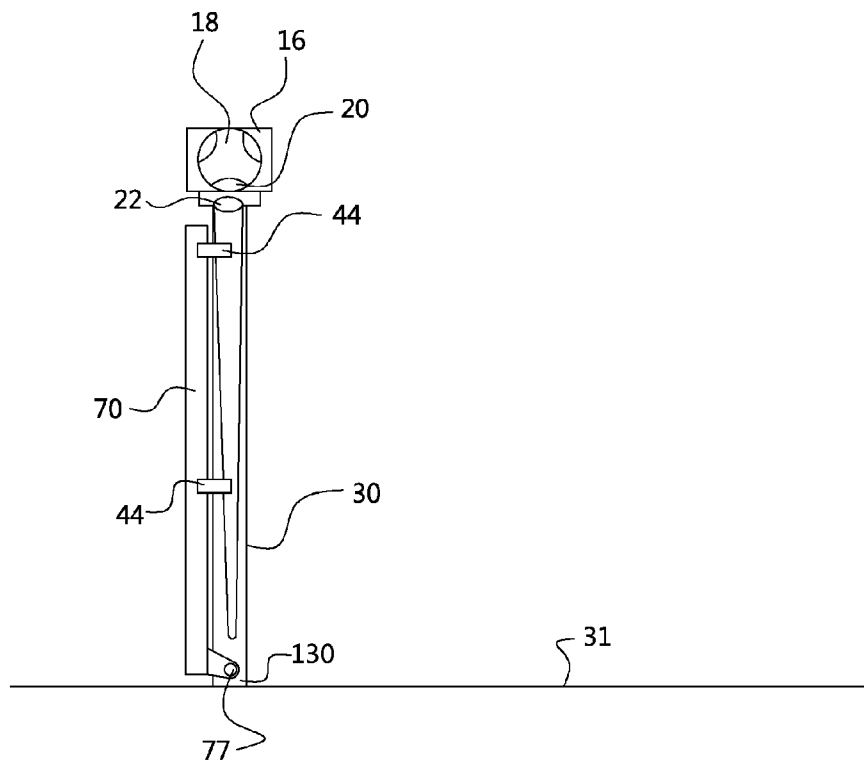


Fig.30

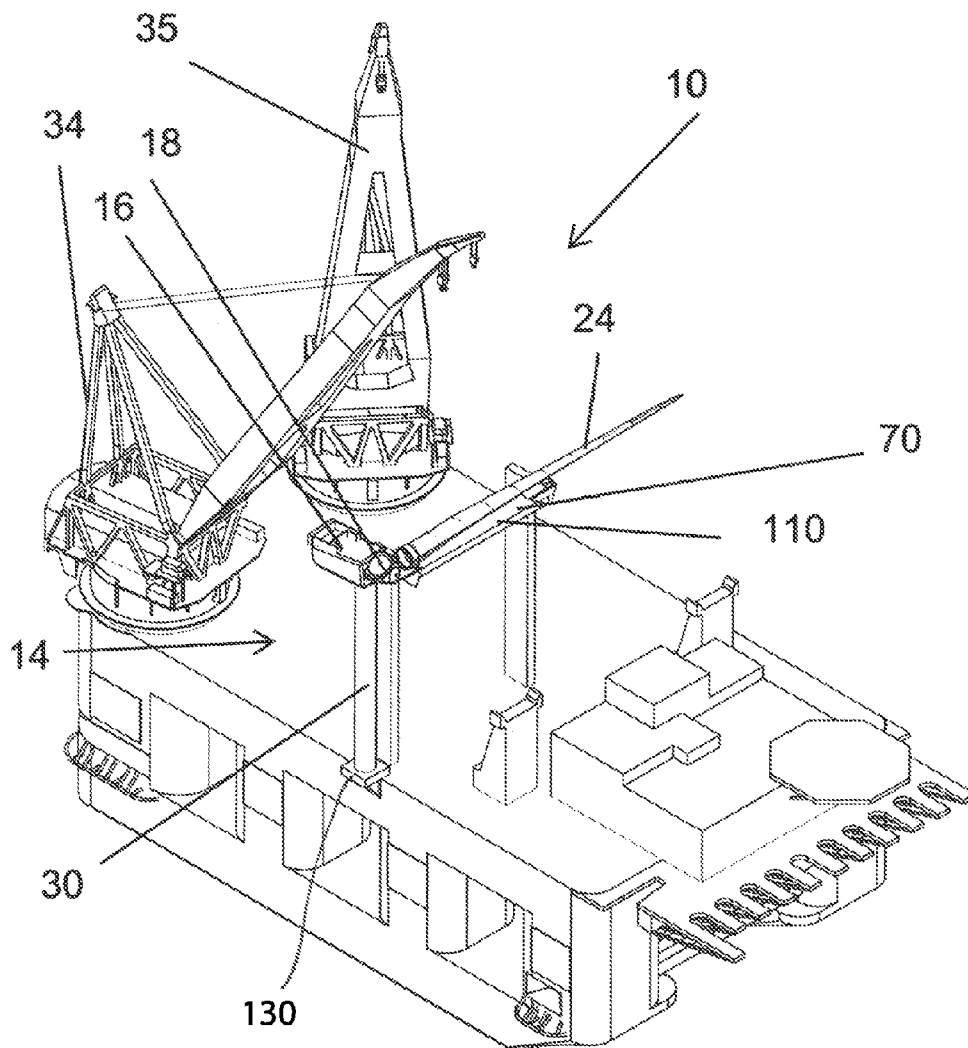


Fig. 31

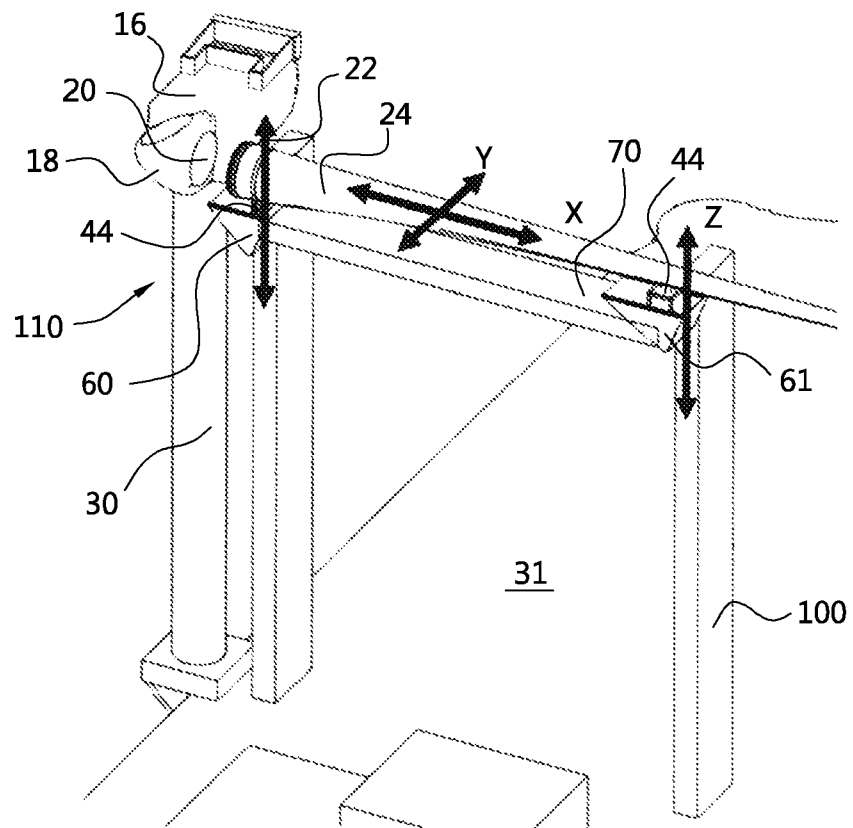


Fig. 32

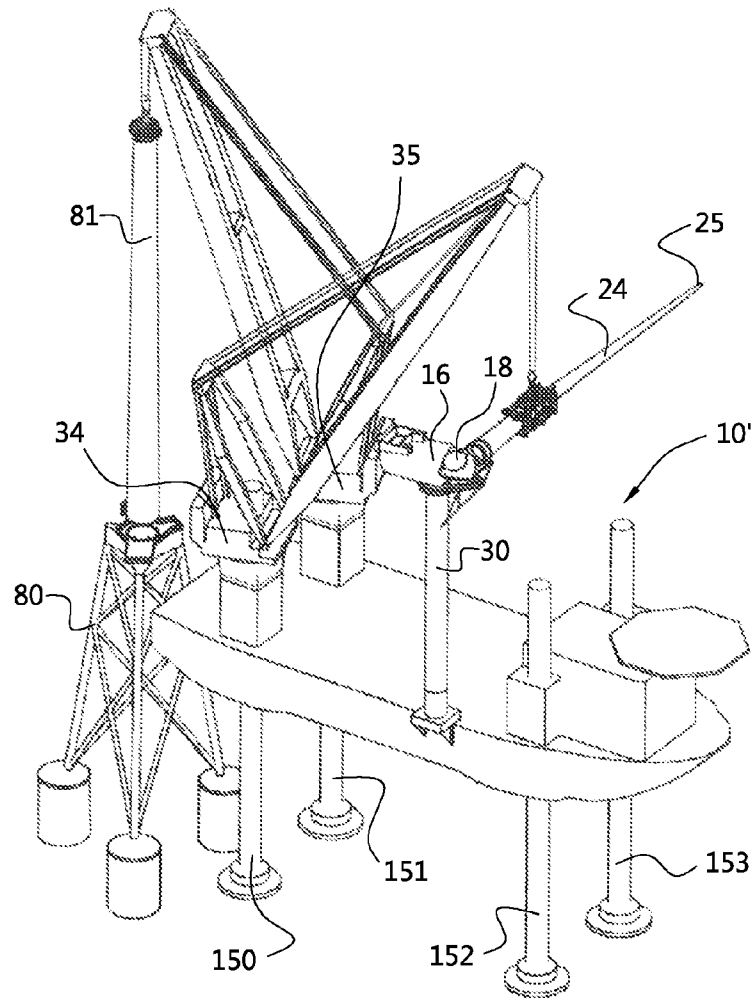


Fig. 33

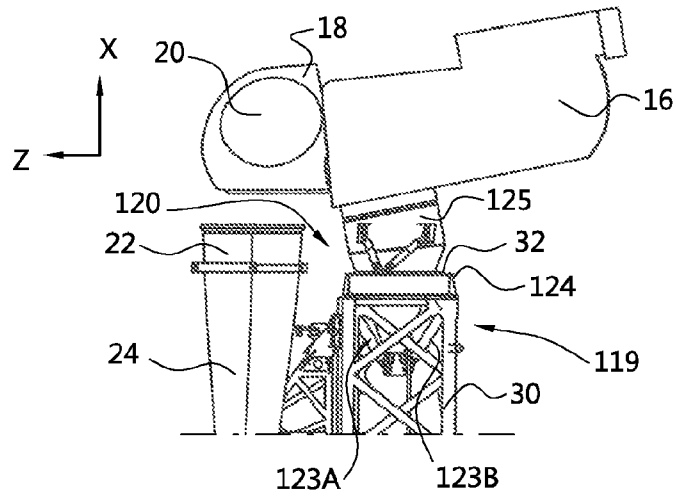


Fig. 34

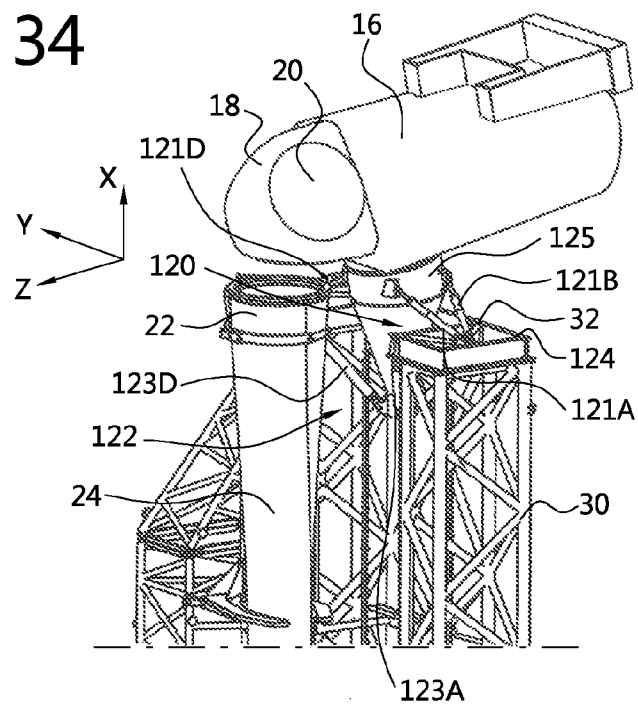


Fig. 35

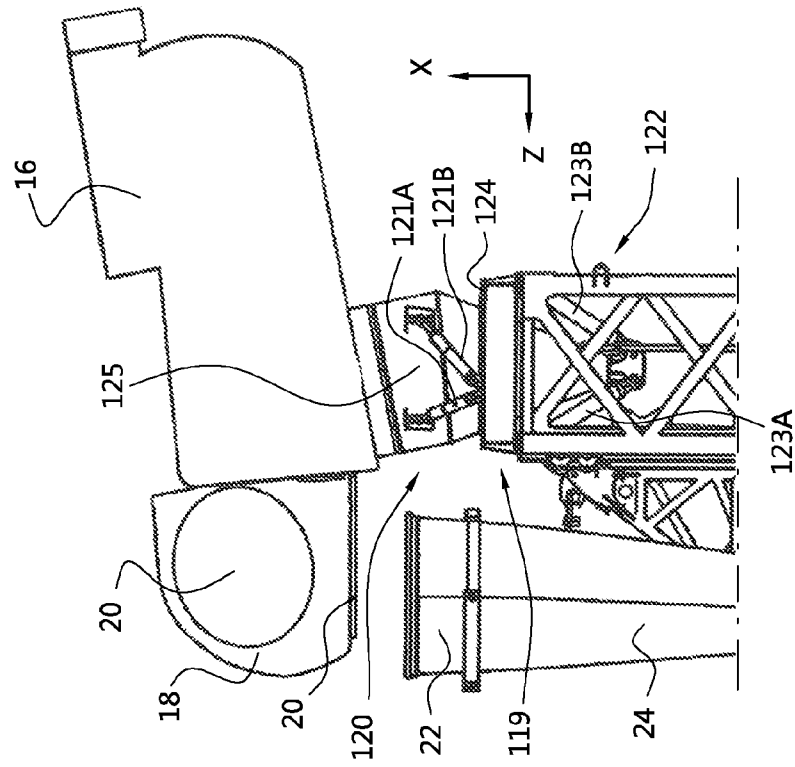


Fig. 36

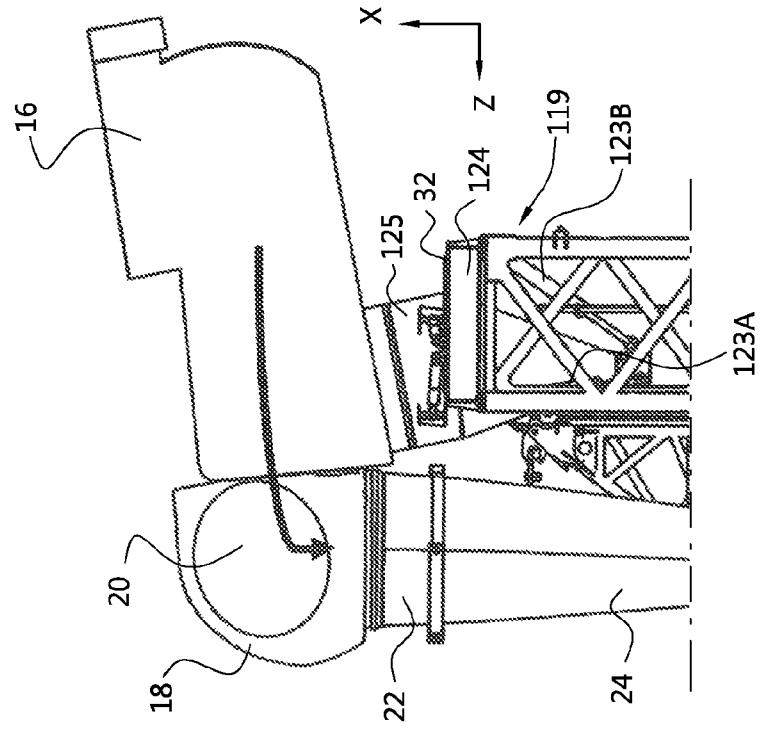


Fig. 37

