

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 534 583**

51 Int. Cl.:

H02G 13/00 (2006.01)

F03D 11/04 (2006.01)

F03D 11/00 (2006.01)

E04H 12/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.01.2010 E 10700993 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2015 EP 2471153**

54 Título: **Sistema de protección contra rayos**

30 Prioridad:

24.08.2009 US 236192 P

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

24.04.2015

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München , DE**

72 Inventor/es:

**LEWKE, BASTIAN;
JENSEN, MARTIN JOHAN SMITH y
OLSEN, KAJ**

74 Agente/Representante:

PÉREZ BARQUÍN, Eliana

ES 2 534 583 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

Sistema de protección contra rayos.

5 La invención describe un sistema de protección contra rayos para una torre construida *in situ* en una pieza.

10 Para cualquier construcción alta expuesta a la intemperie, la protección contra rayos es un aspecto importante. Una construcción alta debe incorporar alguna manera de conducir la corriente eléctrica a la tierra en el caso de caer un rayo. En su forma más sencilla, un sistema de protección contra rayos (LPS) puede comprender una varilla pararrayos que es generalmente más alta que el edificio al que está unida, y que está conectada a una tira metálica u otro conductor eléctrico que conduce directamente hacia la tierra. Los sistemas de protección contra rayos más avanzados comprenden varios conductores en extremos del edificio o construcción, y múltiples trayectorias conductoras para guiar la corriente eléctrica a la tierra. El documento JP 08291642 A describe una técnica de construcción para un edificio hecho de elementos de hormigón reforzado premoldeados, en los que las varillas de acero de refuerzo de elementos premoldeados están conectadas eléctricamente para que actúen como varilla pararrayos. El documento JP 2001 227199 A describe una técnica de construcción similar, en la que las varillas de acero de refuerzo también están conectadas eléctricamente a una viga de acero horizontal para conseguir que sean equipotenciales.

20 Generalmente, cuanto más alta sea una construcción, más probable será que un rayo caiga sobre la misma. Las torres de turbina eólica son construcciones relativamente altas, a menudo con una altura de más de 20 m, y están ubicadas habitualmente en áreas expuestas tales como cumbres o mar adentro. La mayoría de torres de turbina eólica en uso en la actualidad están construidas de acero y la propia torre de acero actúa como conductor.

25 Sin embargo, las torres de acero puede ser costosas de fabricar, puesto que el acero está volviéndose un material cada vez más caro. Además, una torre de acero debe ensamblarse conectando entre sí varias secciones de torre. Puesto que se desean torres altas por varios motivos que conocerá el experto, cada sección puede tener 10 m de longitud o más. Las secciones de torre deben transportarse horizontalmente al destino final en el que se ensamblan usando una grúa. El transporte de tales secciones largas puede ser muy difícil, puesto que las carreteras a lo largo de las que se transportan no pueden tener curvas pronunciadas o puentes bajos. Por tanto, antes de ensamblar realmente una torre de turbina eólica en una determinada ubicación, puede ser necesario construir en primer lugar una carretera de acceso. Obviamente, esto se suma considerablemente a los costes globales.

35 Por estos motivos, cada vez resulta más atractivo construir torres de turbina eólica de un material alternativo tal como hormigón, que es económico y fácil de mezclar en el sitio. El hormigón puede usarse en la construcción de edificios y torres muy altos tales como torres de televisión y se le confiere resistencia estructural mediante el uso de elementos de refuerzo de acero tales como barras de refuerzo (también denominadas "rebar" por su abreviatura en inglés) o cables de tensado posterior (también denominados "tendones"). El documento JP 2009 019550 A describe una torre para una turbina eólica, hecha de elementos de anillo de hormigón premoldeado que se apilan unos sobre otros y se unen por tendones, que también sirven como conductores de rayos. Para una torre de hormigón, es absolutamente obligatorio evitar un daño en el hormigón tal como el que puede surgir como resultado de la caída de un rayo, en el que descargas laterales secundarias pueden provocar grietas en el hormigón. Tal daño estructural puede hacer que el hormigón se desmorone en algunos lugares, debilitando así gravemente la estructura. Además, la corriente de un rayo desde un conductor de rayos de las palas y la estructura de turbina eólica superior (cubo, góndola, etc.) debe conducirse a la tierra con el fin de impedir un daño por rayos al equipo eléctrico.

Por tanto, un objeto de la invención es proporcionar un sistema de protección contra rayos mejorado que evite los problemas mencionados anteriormente.

50 El objeto de la invención se consigue mediante el sistema de protección contra rayos según la reivindicación 1 para una torre y el método según la reivindicación 9 para incorporar un sistema de protección contra rayos de este tipo en una torre de hormigón reforzado, el uso según la reivindicación 12 de un sistema de protección contra rayos de este tipo y una turbina eólica según la reivindicación 13 que comprende un sistema de protección contra rayos de este tipo.

55 Según la invención, un sistema de protección contra rayos para una torre, torre que comprende una pared de torre de hormigón reforzado en la que se incrustan una pluralidad de elementos de refuerzo estructurales eléctricamente conductores durante la construcción, comprende una pluralidad de los elementos de refuerzo estructurales conectados de una manera eléctricamente conductora entre sí y con un terminal de tierra, y una pluralidad de conductores de rayos incrustados en la pared de torre durante la construcción y conectados eléctricamente a la pluralidad de elementos de refuerzo estructurales y al terminal de tierra.

60 La caída de un rayo en una estructura alta tal como una torre de hormigón reforzado puede dar como resultado una corriente muy alta, que debe desviarse de manera segura a la tierra. La intensidad del campo magnético que surge como resultado de la caída de un rayo puede mantenerse a un nivel tolerablemente bajo dentro de la torre ofreciendo a la corriente del rayo más trayectorias por las que poder desplazarse.

Una ventaja obvia de la invención es que, puesto que los elementos de refuerzo estructurales están conectados eléctricamente entre sí, a los conductores de rayos (por ejemplo, cables de puesta a tierra) y al terminal de tierra, cualquier corriente que surja durante la caída de un rayo se desvía a través de los elementos de refuerzo estructurales de una manera controlada, de modo que se evita una “descarga lateral” o “chispas” no deseadas a través del espacio libre u hormigón en un elemento estructural, con la ventaja muy favorable de que la estabilidad estructural de la torre de hormigón queda protegida del daño por rayos. Uno o más de los conductores de rayos puede realizarse específicamente para “atrapar” la caída de un rayo de modo que éste puede desviarse hacia el sistema de protección contra rayos y al terminal de tierra. Además, puesto que los elementos estructurales eléctricamente conductores se usan intencionadamente para desviar de manera activa la corriente al terminal de tierra, el sistema de protección contra rayos según la invención puede realizarse a un menor coste que en el caso de un sistema de protección contra rayos comparable realizado fuera de la pared de torre. Además, puesto que el sistema de protección contra rayos se incorpora en la torre de hormigón durante la construcción, no se requiere un procedimiento de instalación que requiere mucho tiempo tras la compleción de la torre.

El método según la invención para incorporar un sistema de protección contra rayos en una torre de hormigón reforzado comprende las etapas de montar varillas trepadoras a un nivel actualmente más superior de la torre y ensamblar una caja de moldeo para encerrar las varillas trepadoras. El método comprende las etapas posteriores de colocar elementos de refuerzo estructurales eléctricamente conductores adicionales en la caja de moldeo, colocar varios conductores de rayos en la caja de moldeo y conectar eléctricamente los conductores de rayos a los elementos de refuerzo estructurales en la caja de moldeo que conectan eléctricamente los elementos de refuerzo estructurales a un terminal de tierra y luego verter hormigón en la caja de moldeo para incrustar los elementos de refuerzo estructurales.

Una ventaja del método según la invención es que el sistema de protección contra rayos ofrece a la corriente del rayo más trayectorias por las que puede desplazarse, conectadas de una manera eléctricamente conductora entre sí y con un terminal de tierra.

Según la invención, un sistema de protección contra rayos de este tipo se usa en una torre de hormigón reforzado, preferiblemente en una torre de hormigón reforzado de una turbina eólica.

Una turbina eólica según la invención comprende un sistema de protección contra rayos de este tipo en una torre de hormigón reforzado de la turbina eólica.

Las reivindicaciones dependientes, tal como se revelan en la siguiente descripción, proporcionan realizaciones y características de la invención particularmente ventajosas.

Las estructuras de torre pueden construirse en el sitio para diversas situaciones diferentes. Por ejemplo, pueden moldearse en el sitio pilares de hormigón para puentes. Pueden construirse postes de hormigón para llevar teleféricos, etc. Por diversos motivos, una estructura de torre alta tal como una torre de televisión o una torre de turbina eólica se habitualmente hueca. Por un lado, una estructura de este tipo es estable. Además, muchos tipos de torres altas requieren algún modo de acceso al equipo montado en la parte superior de la torre. A continuación, sin restringir la invención de ninguna manera, se supone una torre hueca, aunque el sistema de protección contra rayos de la invención también podría usarse igualmente bien para una estructura de torre maciza.

La torre puede construirse en una pieza *in situ* (es decir, en el sitio) de varias maneras. En un enfoque, la torre puede construirse de hormigón moldeado en fases. Puede prepararse un molde ajustable para cada fase y elevarse hasta su lugar por medio de una grúa, moldeando entonces el hormigón en el molde y retirando posteriormente el molde para realizar ajustes de tamaño para la siguiente fase. En este tipo de construcción, el molde se mantiene en su lugar uniéndolo a “varillas trepadoras” esencialmente verticales que sobresalen de una fase ensamblada previamente. En cada etapa de moldeo, se incrustan varillas trepadoras para su uso en la etapa de moldeo posterior. En otro enfoque más eficaz, se usa una “plataforma trepadora”. En este caso, se suspende una plataforma de las varillas trepadoras, se construye un molde en su lugar y se moldea el hormigón. Una vez que el hormigón se ha endurecido o fraguado, la plataforma y el molde se mueven hacia arriba “trepando” por las varillas trepadoras (las varillas trepadoras también se denominan a veces “varillas de dirección” o “varillas de deslizamiento”). El molde se ajusta en tamaño y el hormigón puede moldearse para la siguiente fase. Este enfoque es más económico, puesto que el molde no tiene que separarse completamente y volver a unirse para cada fase de moldeo. Las varillas trepadoras puede estar hechas de acero de calidad de construcción y pueden tener un diámetro de aproximadamente 3 cm. Puesto que las varillas trepadoras se dejan en su lugar, es decir se incrustan en la pared de torre, el término “elemento de refuerzo estructural” también se usa para hacer referencia a una varilla trepadora a continuación. Aunque la torre también podría construirse posiblemente usando cualquier tipo adecuado de construcción de ladrillo y mortero en la que los elementos estructurales se incrustan en hormigón, incluyendo las varillas trepadoras para una plataforma de construcción, a continuación se supone (sin limitar la invención de ninguna manera) que la torre se construye usando hormigón moldeado en una caja, puesto que éste es un enfoque más económico y que requiere menos tiempo.

Tal como se mencionó en la introducción, a las estructuras de hormigón que soportan carga se les confiere una resistencia estructural mediante el uso de elementos de refuerzo de acero tales como barras de refuerzo o tendones. Básicamente, la barra de refuerzo actúa para mantener la estructura junta en el caso de daños, mientras los tendones actúan para cargar previamente el hormigón de modo que pueda soportar cargas mayores. En cualquier caso, estos elementos de refuerzo están hechos generalmente de acero y, por tanto, son eléctricamente conductores. La barra de refuerzo puede ensamblarse a medida que la torre “crece”, conectando barras verticales y barras horizontales conformadas apropiadamente para formar una especie de rejilla o retículo. Naturalmente, podrían usarse “mallas” de barras de refuerzo ensambladas previamente. Para una torre de hormigón con una sección transversal circular, la barra de refuerzo se incorpora generalmente en dos “capas” verticales, es decir una capa interna hacia el interior de la torre y una torre externa hacia el lado externo de la torre. Los tendones se ubican habitualmente entre estas capas de barras de refuerzo.

Con el fin de distribuir la corriente por las otras trayectorias del sistema de protección contra rayos según la invención, un primer conductor de rayos se dispone preferiblemente adyacente a un elemento de refuerzo estructural esencialmente vertical y se conecta eléctricamente al elemento de refuerzo estructural, elemento de refuerzo estructural que comprende una varilla trepadora y/o un cable de tensado posterior. De esta manera, durante la caída de un rayo, la corriente eléctrica puede desviarse a través de primeros conductores de rayos así como a través de las varillas trepadoras y/o los cables de tensado posterior. En este caso, la expresión “esencialmente vertical” debe interpretarse como vertical o casi vertical, puesto que una torre de hormigón puede ser cilíndrica con paredes verticales; o una torre puede ser más ancha en la base y ahusarse hacia la parte superior de modo que las varillas trepadoras o los cables de tensado posterior seguirán esta inclinación.

Un primer conductor de rayos de este tipo puede ser cualquier conductor apropiado, realizado específicamente para presentar una baja impedancia a la corriente, tal como una banda metálica o un cable. Un metal adecuado puede ser el cobre, puesto que éste es un conductor particularmente bueno. Sin embargo, puede usarse cualquier metal adecuado. Las dimensiones relevantes para el conductor de rayos, tales como el área de sección transversal, puede elegirse según el metal usado, puesto que un conductor malo requerirá un área de sección transversal más grande, tal como conocerá el experto.

Durante la caída de un rayo, la corriente eléctrica busca la trayectoria más rápida a la tierra y puede dividirse a través de diversos canales conductores, con lo que la corriente no se distribuye necesariamente de manera uniforme a través de estos canales. Por tanto, en una realización particularmente preferida de la invención, un segundo conductor de rayos del sistema de proyección contra rayos comprende un anillo de protección contra rayos horizontal (también denominado a continuación “anillo LP”) incrustado en la pared de torre y en la que el segundo conductor de rayos está conectado eléctricamente a al menos un elemento de refuerzo estructural y/o al menos un primer conductor de rayos. El anillo horizontal actúa ventajosamente para proporcionar un equipotencial eléctrico, de modo que la corriente se distribuya después más uniformemente a través de los elementos esencialmente verticales en su camino hacia la tierra. Preferiblemente, el sistema de protección contra rayos comprende una pluralidad de tales anillos, incrustados en las paredes de torre a determinados intervalos discretos. Por ejemplo, puede construirse una torre de 100 m de modo que se incrusten 20 anillos a intervalos de 5 m. Obviamente, el número de anillos para incrustar puede depender de varios factores tales como la ubicación de la torre (y la probabilidad asociada de que sobre la torre caiga un rayo), la altura de la torre, el número de conductores de rayos y los elementos de refuerzo estructurales que se usan, etc.

Una región crítica en el diseño de un sistema de protección contra rayos es en la base de la torre, donde la corriente se dirige a la tierra. Por tanto, en una realización adicionalmente preferida de la invención, un segundo conductor de rayos comprende un anillo LP horizontal principal incrustado en una región inferior de la pared de torre y conectado a un terminal de tierra en un cimentación de la torre, y en la que el segundo conductor de rayos está conectado eléctricamente a al menos un elemento de refuerzo estructural y/o al menos un primer conductor de rayos. El anillo LP horizontal principal comprende preferiblemente al menos seis anillos, cada uno de los cuales está hecho preferiblemente del mismo material que un primer conductor de rayos y tiene preferiblemente al menos el diámetro de un primer conductor de rayos y los anillos está conectados preferiblemente entre sí por medio de piezas de sujeción mecánicas robustas.

Por motivos obvios, los anillos LP horizontales estarán en general separados físicamente de los elementos verticalmente conductores. Sin embargo, con el fin de garantizar que la corriente eléctrica pueda fluir favorablemente entre los anillos y los elementos verticales, éstos se conectan preferiblemente de una manera eléctricamente conductora. Por tanto, en una realización preferida del sistema de protección contra rayos según la invención, un elemento de refuerzo estructural comprende una barra de refuerzo radial corta incrustada de manera esencialmente radial en la pared de torre de hormigón adyacente a varios conductores de rayos y conectada eléctricamente a un primer conductor de rayos, un segundo conductor de rayos y un elemento de refuerzo estructural esencialmente vertical. La barra de refuerzo radial puede ser un elemento de refuerzo estructural separado. Sin embargo, la barra de refuerzo radial puede conectarse igualmente bien a una capa interna y/o externa del retículo, la malla o rejilla de barras de refuerzo regular descrita anteriormente.

Durante el procedimiento de construcción, se incrustan primeros conductores de rayos tales como cables de puesta

a tierra en el hormigón de la pared de torre. Un conductor de rayos de este tipo puede comprender varias secciones colineales, con lo que se sueldan o conectan de otro modo entre sí secciones sucesivas, por ejemplo usando una pieza de sujeción mecánica apropiada. Sin embargo, tales interrupciones pueden dar como resultado una distribución desfavorable en las trayectorias descendentes de las altas corrientes durante la caída de un rayo, puesto que cualquier conexión puede estar asociada con una mayor impedancia. Por tanto, en una realización particularmente preferida de la invención, un primer conductor de rayos del sistema de protección contra rayos comprende un cable continuo de puesta a tierra que se extiende desde la base de la torre (donde se conecta al terminal de tierra) hasta la parte superior de la torre (donde puede conectarse a otra parte del sistema de protección contra rayos).

En algunos casos, puede ser favorable poder conectar sistemas eléctricos situados dentro de la torre al LPS incrustado en la pared de torre. Tales sistemas eléctricos, por ejemplo generadores, transformadores, etc. pueden estar situados sobre plataformas a diversos niveles dentro de la torre. Por tanto, en otra realización preferida de la invención, el sistema de protección contra rayos comprende varias salidas eléctricas en el interior de la pared de torre. Estas salidas pueden conectarse de la manera habitual a medios de puesta a tierra de tales sistemas eléctricos.

El sistema de protección contra rayos según la invención es particularmente adecuado para su incrustación en una pared de torre de hormigón reforzado de una turbina eólica, pared de torre de hormigón que se moldea *in situ* usando una plataforma trepadora y se realiza para soportar un alojamiento de góndola, un cubo y varias palas. En el caso de caer un rayo, habitualmente se produce un impacto sobre un extremo de una construcción. En el caso de una turbina eólica, esto significa que es más probable que caiga un rayo en una o más de las palas o el alojamiento de góndola. Por tanto, en una realización adicionalmente preferida de la invención, el sistema de protección contra rayos comprende un medio de conexión, por ejemplo una escobilla adecuada, para conectar eléctricamente un conductor de rayos del sistema de protección contra rayos en la pared de torre a un conductor de rayos del alojamiento de góndola, el cubo y las palas. De esta manera, las altas corrientes subsiguientes pueden desviarse óptimamente a través del sistema de protección contra rayos en la pared de torre y al terminal de tierra, protegiendo así eficazmente de daños el generador y cualquier otro equipo eléctrico en el alojamiento de góndola.

La robustez de las conexiones eléctricas entre los diversos componentes del sistema de protección contra rayos según la invención es importante para garantizar un flujo de corriente esencialmente uniforme durante la caída de un rayo. En particular, las conexiones robustas entre un anillo horizontal y un elemento de refuerzo estructural vertical o primer conductor de rayos garantizan que se cree un equipotencial a nivel del anillo horizontal. Por tanto, en una realización preferida del método según la invención, se realiza una conexión eléctrica entre un conductor de rayos y un elemento de refuerzo estructural soldando el conductor de rayos al elemento de refuerzo estructural y/o sujetando mecánicamente el conductor de rayos al elemento de refuerzo estructural por medio de un elemento de sujeción, preferiblemente una banda de acero. Preferiblemente, se realiza una conexión de soldadura en un procedimiento de soldadura exotérmica. Una pieza de sujeción mecánica, tal como una banda de acero, se envuelve preferiblemente tanto alrededor del conductor de rayos como del elemento de refuerzo estructural de manera que se presiona la pieza de sujeción con alguna fuerza contra los elementos encerrados con el fin de proporcionar una conexión que sea un buen conductor eléctrico. Usando tales conexiones, por ejemplo, un conductor de rayos vertical puede conectarse eléctricamente a elementos de refuerzo estructurales verticales adyacentes y/o a un anillo LP horizontal. De manera similar, un anillo LP horizontal puede conectarse eléctricamente a varios elementos de refuerzo estructurales verticales.

Preferiblemente, un anillo LP horizontal se conecta eléctricamente a los otros elementos del sistema de protección contra rayos por medio de elementos de refuerzo estructurales que comprenden barras de refuerzo horizontales cortas dispuestas de manera radial a nivel del anillo horizontal, y conectadas a la estructura de barra de refuerzo en la pared de torre. Esta estructura de barra de refuerzo puede estar en forma de una rejilla cónica de sección decreciente de barras de refuerzo verticales y anillos de barra de refuerzo horizontales. Las conexiones eléctricas pueden realizarse mediante soldadura o mediante sujeción, tal como se describió anteriormente. En varios puntos en un nivel de la pared de torre, pueden formarse un "haz" de elementos eléctricamente conductores conectando, por ejemplo, un conductor de rayos vertical a un tendón, una barra de refuerzo corta y un anillo LP. Tales haces pueden estar separados de manera esencialmente uniforme en la pared de torre.

Puesto que alguna parte de la corriente se transportará a la tierra a través de las varillas trepadoras, éstas también se construyen preferiblemente con el fin de actuar como buenos conductores eléctricos. Sin embargo, por motivos que resultarán evidentes para el experto, las varillas trepadoras no estarán hechas habitualmente en una pieza, puesto que éstas son elementos rígidos y una torre de hormigón típica tal como una torre de turbina eólica puede alcanzar una altura de 100 m o más. Las varillas trepadoras se realizan habitualmente en secciones y una sección "nueva" se coloca en su lugar por encima de la sección anterior (ya incrustada) antes de incrustarse en sí misma en el hormigón. Habitualmente, en un método de construcción de plataforma trepadora, las secciones son colineales, es decir en una línea, de modo que puede moverse hacia arriba un gato hidráulico (para suspender la plataforma de construcción) a lo largo de la varilla trepadora a medida que la torre crece. Las varillas trepadoras pueden realizarse, por ejemplo, como varillas macizas que pueden soldarse o sujetarse entre sí, como varillas con extremos roscados que pueden enroscarse entre sí, o de cualquier otra forma apropiada. Por tanto, en una realización preferida

adicional de la invención, un par de varillas trepadoras colineales se conectan por medio de una conexión eléctrica, que puede estar en forma de conexión sujeta, conexión soldada o conexión roscada, según sea apropiado.

5 Otros objetos y características de la presente invención resultarán evidentes a partir de las siguientes descripciones detalladas consideradas junto con los dibujos adjuntos. Sin embargo, debe entenderse que los dibujos están diseñados solamente para fines de ilustración y no como definición de los límites de la invención.

Breve descripción de los dibujos

10 La figura 1 muestra una representación esquemática de un sistema de protección contra rayos según una realización de la invención;

la figura 2 muestra una torre de hormigón completada parcialmente que está construyéndose *in situ* y en una pieza;

15 la figura 3 muestra una sección transversal esquemática de una pared de torre de hormigón con elementos de un sistema de protección contra rayos según una realización de la invención;

la figura 4 muestra un diagrama esquemático de la base de una torre construida en el método según la invención;

20 la figura 5 muestra un diagrama esquemático de la parte superior de una torre construida en el método según la invención;

la figura 6 es una representación simplificada de parte de una varilla trepadora para su uso en un sistema de protección contra rayos según la invención;

25 la figura 7 muestra una representación esquemática de una turbina eólica que incorpora un sistema de protección contra rayos según una realización adicional de la invención.

30 En los dibujos, los números de referencia similares se refieren a objetos similares por todo el documento. Los objetos en los diagramas no están dibujados necesariamente a escala.

Descripción detallada de las realizaciones

35 La figura 1 muestra una representación esquemática muy simplificada de un sistema 100 de protección contra rayos según la invención incorporado en una torre 1 de hormigón hueca. Las líneas continuas indican cables 10 de puesta a tierra incorporados en la pared 11 de torre de hormigón. Las líneas discontinuas indican varillas 2 trepadoras y las líneas continuas más cortas en la región T-T' indican cables 3 de tensado posterior o tendones 3. Normalmente, una estructura 1 de torre alta tiene una región inferior corta con una forma cónica más pronunciada y una región superior larga que se ahúsa más gradualmente. En esta realización, los tendones 3 se incorporan por una parte de la altura

40 de torre. En su base, los tendones están anclados en la pared de torre. En su parte superior, los tendones 3 se tensan hidráulicamente para cargar previamente la pared de torre de hormigón. El diagrama también muestra varios anillos 20 de protección contra rayos horizontales a diversos niveles, que garantizan que se consigan los equipotenciales eléctricos a todos estos niveles. En la práctica, para una torre 1 con una altura de 100 m y un diámetro de aproximadamente 5 m, se incorporarían aproximadamente 10 varillas 2 trepadoras, 10 tendones 3 y

45 aproximadamente 10 conductores 10 de rayos tales como cables 10 de puesta a tierra. Los anillos 20 LP horizontales pueden incorporarse a distancias discretas, tales como cada 5 m usando el ejemplo anterior.

La figura 2 muestra una torre 1 de hormigón construida parcialmente. En este caso, una plataforma 8 trepadora está suspendida de varias varillas 2 trepadoras. La plataforma 8 trepadora tiene una barandilla para la seguridad de los

50 trabajadores de la construcción, que pueden ensamblar una caja 9 de moldeo para la siguiente "capa" de hormigón. La plataforma 8 trepadora se sostiene o suspende en su lugar uniéndola a las varillas 2 trepadoras que se incrustan en el hormigón moldeado previamente de la torre 1. Esto puede realizarse por medio de gatos hidráulicos, que no se muestran en el diagrama por motivos de claridad. Los elementos de refuerzo (de nuevo, por motivos de claridad, éstos no se muestran en este diagrama) tales como barras de refuerzo y tendones, se ensamblan en su lugar en la

55 caja 9 de moldeo. El hormigón mezclado se levanta mediante una grúa 18 y los trabajadores de la construcción vierten este hormigón en la caja 9 de moldeo. Una vez que ha fraguado el hormigón, puede desarmarse la caja 9 de moldeo, puede elevarse la plataforma 8 trepadora al siguiente nivel, se ensambla de nuevo la caja 9 de moldeo, se extienden las varillas 2 trepadoras y puede moldearse la siguiente capa.

60 La figura 3 muestra una sección transversal esquemática de una pared 11 de torre de hormigón con elementos 2, 3, 4, 5a, 10, 20 de un sistema de protección contra rayos según la invención. En el diagrama, las varillas 2 trepadoras se distribuyen de una manera bastante uniforme por toda la pared 11. Éstas se usaron en la construcción para unir una plataforma trepadora. Espaciados uniformemente entre las varillas 2 trepadoras hay una pluralidad de tendones 3. En esta realización, al lado de cada varilla 2 trepadora y cada tendón 3 de tensado posterior, se incrusta un cable

65 10 de puesta a tierra en el hormigón de manera que cada cable 10 de puesta a tierra está en proximidad directa a una varilla 2 trepadora o un tendón 3 de tensado posterior. Esta sección transversal está al nivel al que un anillo 20

horizontal se incrusta en la pared 11 de torre. La rejilla o retículo 40 de barras de refuerzo regular está indicada por los puntos negros pequeños. Se usa una barra 4 de refuerzo corta colocada de manera radial para conectar los elementos del sistema de protección contra rayos según la invención a la rejilla 40 de barras de refuerzo regular. Para realizar una conexión eléctrica robusta entre los cables 10 de puesta a tierra y los otros elementos 2, 3, 4, 20, se envuelven firmemente bandas 5a de acero alrededor de elementos vecinos, de modo que, por ejemplo, el anillo 20 horizontal, un cable 10 de puesta a tierra, una barra 4 de refuerzo corta y una varilla 2 trepadora se unen entre sí con una banda 5a de acero eléctricamente conductora. Se realiza una conexión eléctrica de este tipo para cada "haz" de elementos alrededor de la circunferencia.

La figura 4 muestra un diagrama esquemático de la base de una torre 1 construida en el método según la invención. En este caso, un anillo 30 de protección contra rayos principal discurre alrededor de una región 12 inferior de la torre 1. Este anillo 30 LP principal se conecta por piezas 5b de sujeción mecánicas robustas, eléctricamente conductoras, a una pluralidad de cables 10 de puesta a tierra. El anillo 30 LP principal se construye con seis vueltas del mismo tipo de cable que el que se usa para los cables 10 de puesta a tierra. Los cables 10 de puesta a tierra conducen por debajo del nivel 19 de tierra a un terminal de tierra que puede incorporarse en la cimentación 13 de torre.

La figura 5 muestra un diagrama esquemático de la parte superior de una torre 1 construida en el método según la invención. En este caso, la torre es una torre 1 de turbina eólica y se usa un anillo 6 de guiñada se usa para montar un alojamiento de góndola (no mostrado). Se usan pernos 6a de anillo de guiñada como elementos 6a de fijación. Puesto que también son eléctricamente conductores, los pernos 6a se sujetan por piezas 5c de sujeción de acero a cables de puesta a tierra en la pared 11 de torre. El propio anillo de guiñada puede conectarse eléctricamente, por ejemplo usando una escobilla, a un conductor de rayos de la góndola, cubo y palas. De esta manera, la caída de un rayo en los extremos superiores de una turbina eólica puede dirigirse en varios puntos al sistema de protección contra rayos incrustado en la pared 11 de torre de hormigón.

La figura 6 es una representación simplificada de parte de una varilla 2 trepadora hecha de secciones 2a, 2b separadas, que se unen entre sí durante la construcción de una torre. El diagrama muestra una conexión 5d eléctrica que conecta las dos secciones 2a, 2b. Ésta puede ser una placa 5d de acero soldada en su lugar o una banda 5d de acero sujeta en su lugar usando piezas apropiadas.

La figura 7 muestra una representación esquemática de una turbina eólica que incorpora un sistema 100 de protección contra rayos según la invención. La turbina eólica tiene un alojamiento 15 de góndola al que se unen un cubo 16 y varias palas 17. La góndola 15 está montada en la parte superior de una torre 1, construida usando el método según la invención, por medio de un anillo de guiñada y pernos de anillo de guiñada. Los conductores 6b, 6c de rayos dirigen un impacto de rayo a lo largo del exterior de estos elementos y, a través de los pernos de anillo de guiñada, un anillo de guiñada y escobillas (no mostradas en el diagrama) al sistema 100 de protección contra rayos en la pared 11 de torre. El sistema 100 de protección contra rayos se indica en conjunto por las líneas discontinuas que representan, en forma simplificada, los cables 10 de puesta a tierra, varillas 2 trepadoras, tendones 3 y anillos 20, 30 LP horizontales. De esta manera, las corrientes altas que surgen en la caída de un rayo se dirigen rápida y uniformemente a un terminal 60 de tierra.

Aunque la presente invención se ha dado a conocer en forma de realizaciones preferidas y variaciones de las mismas, se entenderá que podrían realizarse numerosas modificaciones y variaciones adicionales de las mismas sin apartarse del alcance de la invención. Evidentemente, la idea principal de la invención, concretamente usar los elementos estructurales de una estructura de hormigón reforzado en un sistema de protección contra rayos, puede usarse ventajosamente en cualquier construcción de hormigón apropiada en la que las paredes de la estructura estén hechas de hormigón moldeado.

Por motivos de claridad, debe entenderse que el uso de "un" o "una" en toda esta solicitud no excluye una pluralidad y que "que comprende" no excluye otras etapas o elementos. Una "unidad" o "módulo" puede comprender varias unidades o módulos, a menos que se indique de otro modo.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Sistema (100) de protección contra rayos para una torre (1), torre (1) que comprende una pared (11) de torre de hormigón reforzado en la que se incrustan una pluralidad de elementos (2, 3, 4) de refuerzo estructurales eléctricamente conductores durante la construcción,
 10 sistema (100) de protección contra rayos que comprende una pluralidad de los elementos (2, 3, 4) de refuerzo estructurales conectados de una manera eléctricamente conductora entre sí y con un terminal (60) de tierra y una pluralidad de conductores (10, 20, 30) de rayos incrustados en la pared (11) de torre durante la construcción, conductores (10, 20, 30) de rayos que están conectados eléctricamente a la pluralidad de elementos (2, 3, 4) de refuerzo estructurales y al terminal (60) de tierra.
- 15 2. Sistema (100) de protección contra rayos según la reivindicación 1, en el que un primer conductor (10) de rayos está dispuesto adyacente a un elemento (2, 3) de refuerzo estructural esencialmente vertical y está conectado eléctricamente al elemento (2, 3) de refuerzo estructural, elemento (2, 3) de refuerzo estructural que comprende una varilla (2) trepadora y/o un cable (3) de tensado posterior.
- 20 3. Sistema (100) de protección contra rayos según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que un segundo conductor (20) de rayos comprende un anillo (20, 30) horizontal incrustado en la pared (11) de torre y en el que el segundo conductor (20) de rayos está conectado eléctricamente a al menos un elemento (2, 3, 4) de refuerzo estructural y/o al menos un primer conductor (10) de rayos.
- 25 4. Sistema (100) de protección contra rayos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que un segundo conductor (30) de rayos comprende un anillo (30) horizontal incrustado en una región (12) inferior de la pared (11) de torre y conectado al terminal (60) de tierra en una cimentación (13) de la torre (1) y en el que el segundo conductor (30) de rayos está conectado eléctricamente a al menos un elemento (2, 3, 4) de refuerzo estructural y/o al menos un primer conductor (10) de rayos.
- 30 5. Sistema (100) de protección contra rayos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que un elemento (4) de refuerzo estructural comprende una barra (4) de refuerzo radial incrustada de manera esencialmente radial en la pared (11) de torre adyacente a varios conductores (10, 20) de rayos, barra (4) de refuerzo radial que se conecta eléctricamente a un primer conductor (10) de rayos, un segundo conductor (20) de rayos y un elemento (2, 3) de refuerzo estructural esencialmente vertical.
- 35 6. Sistema (100) de protección contra rayos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que un primer (10) de rayos comprende un cable (10) de puesta a tierra realizado como cable (10) continuo que se extiende al menos desde la base (12) de la torre (1) hasta la parte (14) superior de la torre (1).
- 40 7. Sistema (100) de protección contra rayos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, para su incrustación en una pared (11) de torre de hormigón reforzado de una turbina (12) eólica, pared (11) de torre de hormigón que se moldea *in situ* usando una plataforma (8) trepadora y se realiza para que soporte un alojamiento (15) de góndola, un cubo (16) y varias palas (17).
- 45 8. Sistema (100) de protección contra rayos según la reivindicación 7, que comprende un medio (6, 6a) de conexión para conectar eléctricamente un conductor (10, 20) de rayos del sistema (100) de protección contra rayos en la pared (11) de torre a un conductor (6b, 6c) de rayos del alojamiento (15) de góndola, el cubo (16) y las palas (17).
- 50 9. Método para incorporar un sistema (100) de protección contra rayos en una torre (11) de hormigón construida *in situ* en una pieza, método que comprende las etapas de
 55 - montar varillas (2) trepadoras a un nivel actualmente más superior de la torre (1);
 - ensamblar una caja (9) de moldeo para encerrar las varillas (2) trepadoras;
 60 - colocar elementos (3, 4) de refuerzo estructurales eléctricamente conductores adicionales en la caja de moldeo;
 - colocar varios conductores (10, 20, 30) de rayos en la caja de moldeo y conectar eléctricamente los conductores (10, 20, 30) de rayos a los elementos (2, 3, 4) de refuerzo estructurales en la caja (9) de moldeo;
 65 - conectar eléctricamente los elementos (2, 3, 4) de refuerzo estructurales a un terminal (60) de tierra; y
 - verter hormigón en la caja (9) de moldeo para incrustar los elementos (2, 3, 4) de refuerzo estructurales.

10. Método según la reivindicación 9, en el que se realiza una conexión eléctrica entre un conductor (10) de rayos y una varilla (2) trepadora soldando el conductor (10) de rayos a la varilla (2) trepadora y/o sujetando mecánicamente el conductor (10) de rayos a la varilla (2) trepadora por medio de un elemento (5a) de sujeción.
- 5
11. Método según la reivindicación 9 ó 10, en el que una varilla (2) trepadora comprende una pluralidad de secciones (2a, 2b) de varilla trepadora colineales, en el que un par de secciones (2a, 2b) de varilla trepadora colineales se conectan por medio de una conexión (5b) eléctrica.
- 10
12. Uso de un sistema (100) de protección contra rayos según las reivindicaciones 1 a 8 en una torre (1) de hormigón reforzado, preferiblemente en una torre (1) de una turbina (18) eólica.
13. Turbina (7) eólica que comprende un sistema (100) de protección contra rayos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

FIG 1

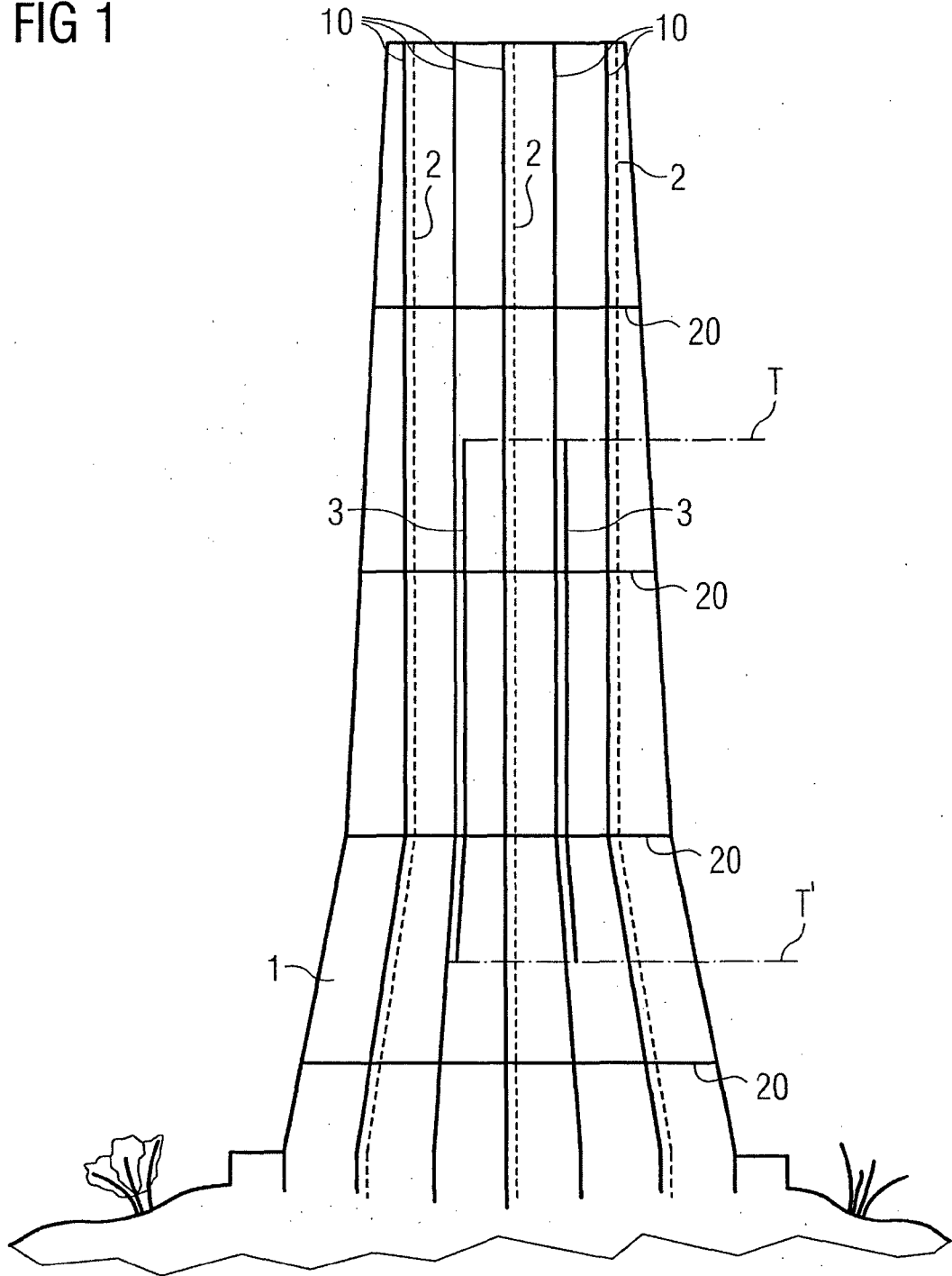


FIG 2

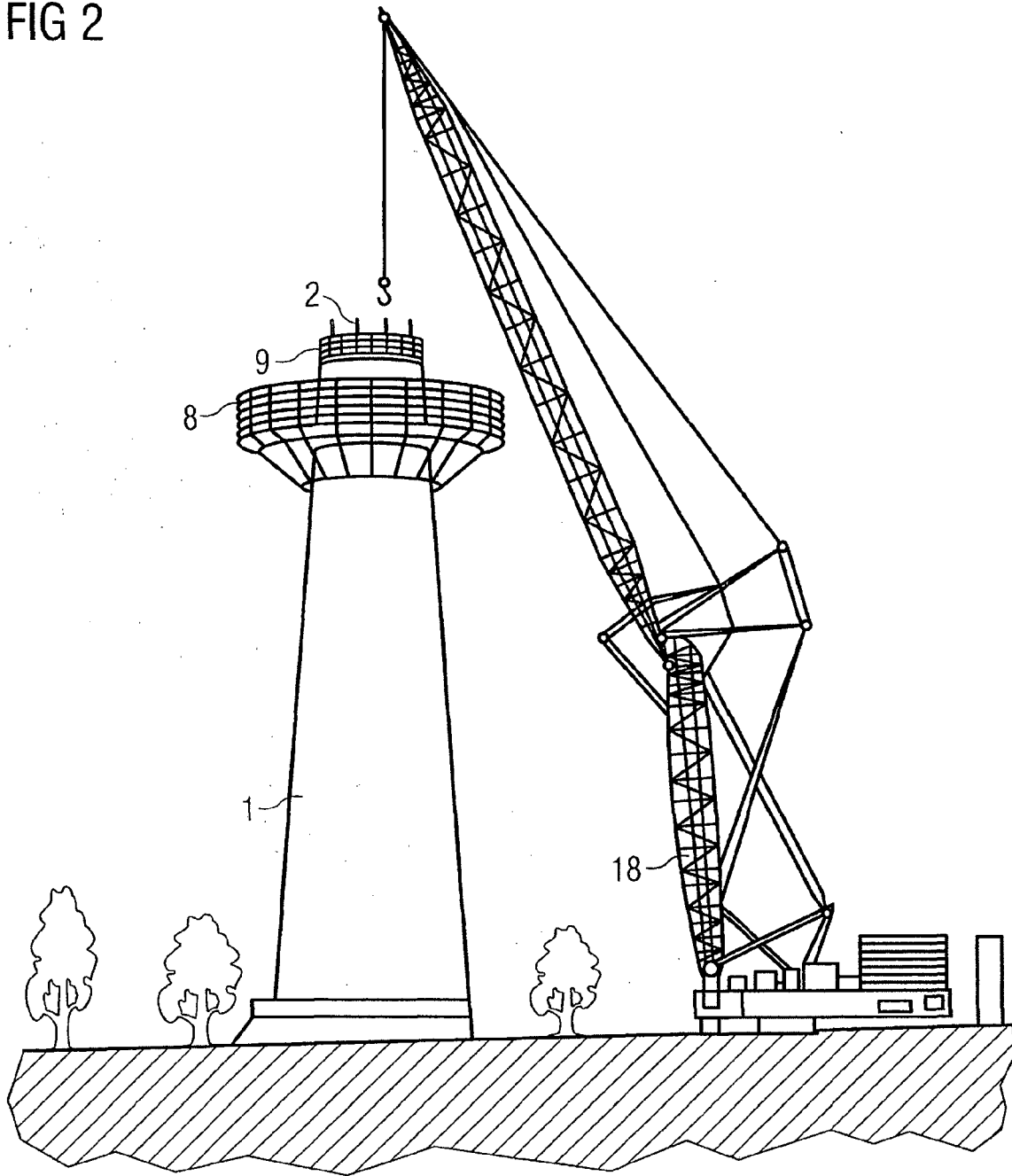


FIG 3

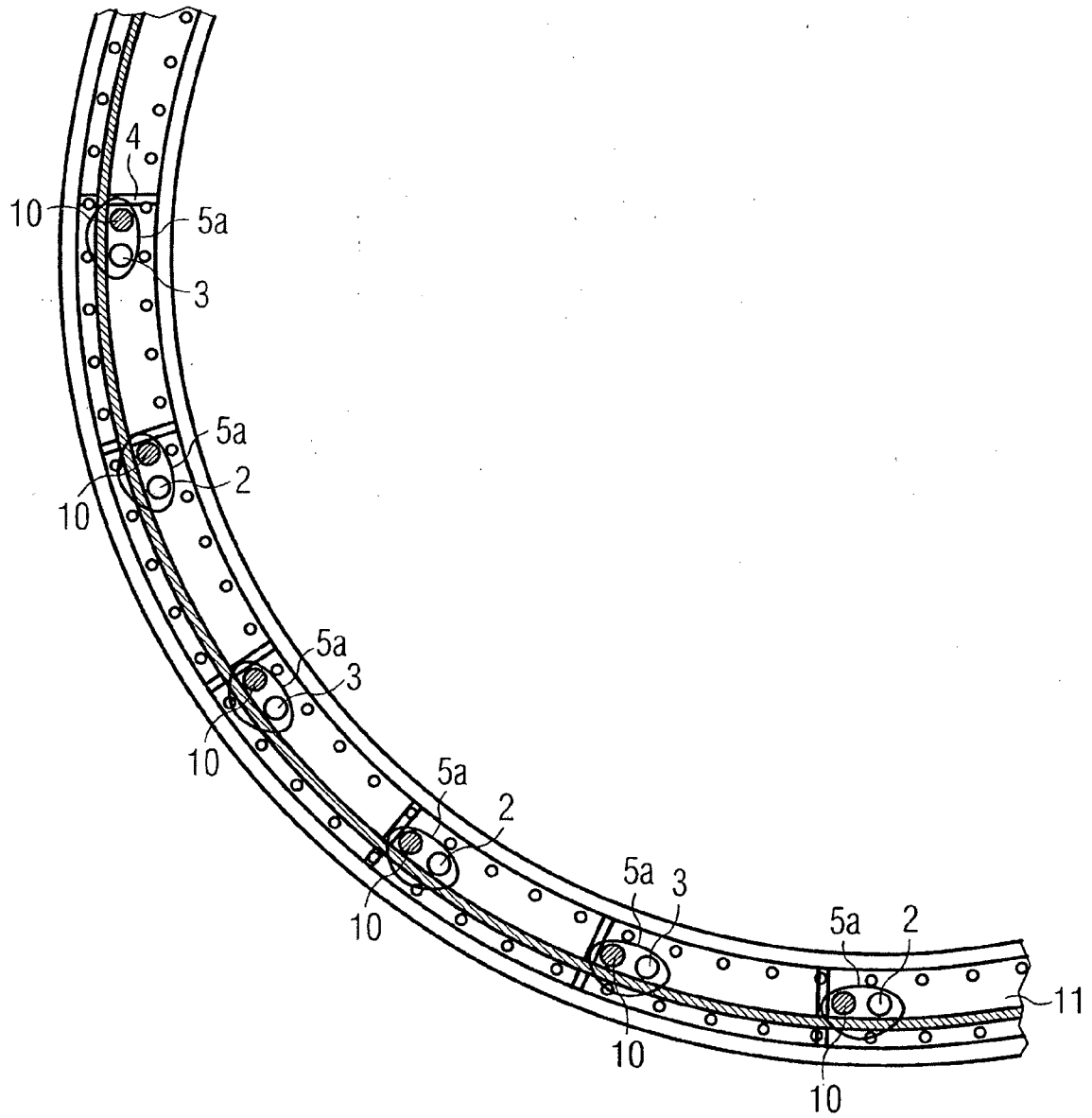


FIG 4

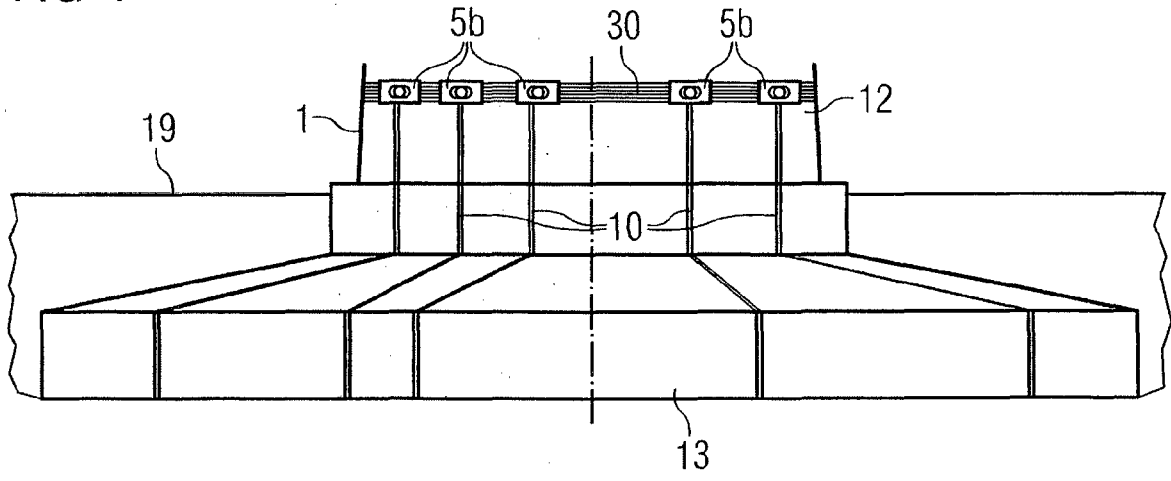


FIG 5

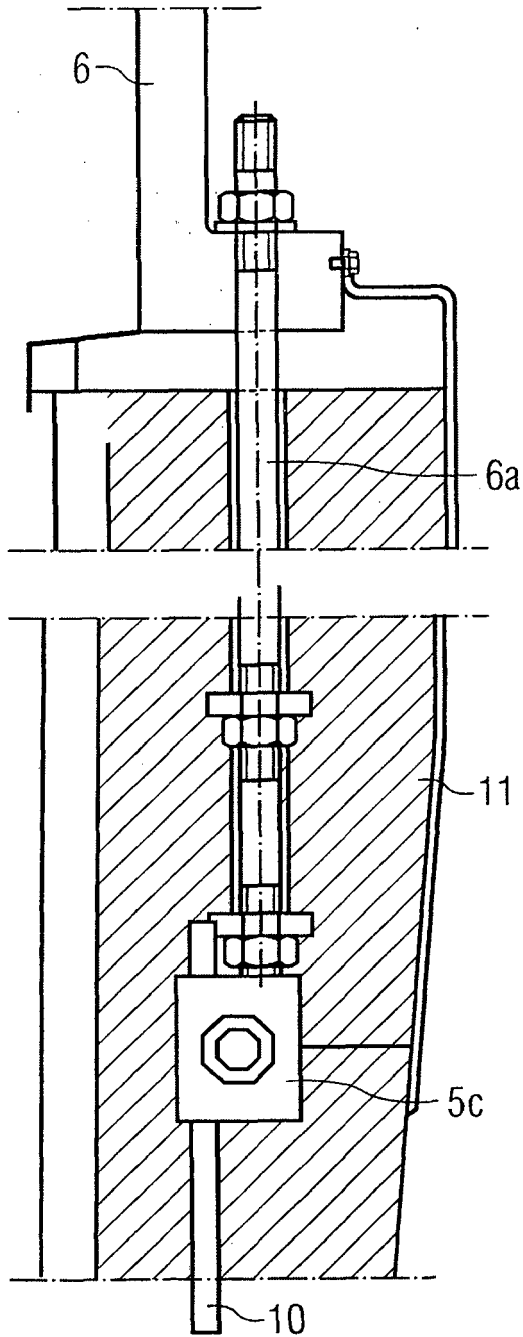


FIG 6

