(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 657 089**

(51) Int. CI.:

F03D 13/20 (2006.01)
F03D 80/00 (2006.01)
F03D 80/30 (2006.01)
F03D 9/25 (2006.01)
H02G 13/00 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.10.2006 PCT/DK2006/000568**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **29.11.2007 WO07134599**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.10.2006 E 06791456 (4)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.01.2018 EP 2021627**

(54) Título: **Un sistema de puesta a tierra para una turbina eólica conectada a una red de distribución y para un parque eólico**

(30) Prioridad:

24.05.2006 DK 200600718
21.09.2006 DK 200601218

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.03.2018

(73) Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N , DK

(72) Inventor/es:

MOGENSEN, NIELS, BIRCH y
BERTELSEN, KIM

(74) Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

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

Un sistema de puesta a tierra para una turbina eólica conectada a una red de distribución y para un parque eólico

Antecedentes de la invención

La invención se refiere a una turbina eólica conectada a una red de distribución y a un parque eólico.

Descripción de la técnica relacionada

Una turbina eólica conocida en la técnica comprende una torre de turbina eólica cónica y una góndola de turbina eólica colocada en la parte superior de la torre. Un rotor de turbina eólica con varias palas de turbina eólica se conecta a la góndola a través de un árbol de velocidad baja, que se extiende hacia el exterior de la parte frontal de la góndola tal como se ilustra en la figura 1.

La sobretensión provocada por una situación de fallo tal como un cortocircuito, rayo u otros puede ser, de manera potencial, muy dañino para la turbina eólica, para el personal que posiblemente la haga funcionar o al menos puede reducir la calidad de la energía producida. Por tanto, se conoce dotar a la turbina eólica de algún tipo de sistema de puesta a tierra. El documento JP2004225660 muestra un sistema de descarga en la zona de cimientos para múltiples sistemas eléctricos para establecer un potencial de tierra. En la patente estadounidense n.º US 6.932.574 B2 se muestra una turbina eólica que comprende un sistema de protección frente a rayos y un sistema para descargar de manera continua cargas electroestáticas de las palas de turbina eólica. La protección frente a rayos y la descarga electroestática se realizan mediante la conexión de los sistemas a la tierra por medio de los cimientos de turbina eólica y electrodos de puesta a tierra que se extienden en vertical al interior del suelo.

El problema con este tipo de sistema de puesta a tierra es que la calidad y la estabilidad de la conexión a tierra puede ser difícil de mantener, porque puede ser difícil garantizar que todas las partes de la turbina eólica se conecten a tierra de manera segura en todo momento y que no se producen diferencias de potencial eléctrico potencialmente peligrosas o dañinas en el interior o alrededor de la turbina eólica.

Por tanto, el objeto de la invención es proporcionar un sistema de puesta a tierra seguro sin las desventajas mencionadas anteriormente.

La invención

La invención proporciona una turbina eólica conectada a una red de distribución según las características según la reivindicación 1. La turbina eólica comprende al menos un sistema eléctrico tal como sistemas y cables de energía de tensión alta o baja, al menos un sistema de control, tal como un sistema SCADA y cables de control, y/o al menos un sistema de seguridad, tal como un sistema de protección frente a rayos, en el que una conexión a un potencial de tierra eléctrico se establece desde un lugar definido dentro de la turbina eólica para dichos sistemas.

Las turbinas eólicas grandes actuales requieren una puesta a tierra por numerosas razones diferentes. En primer lugar, el sistema de protección frente a rayos requiere una buena conexión a tierra para impedir que un rayo dañe la turbina eólica o los alrededores y sustancialmente todo el resto de componentes eléctricos en la turbina eólica también necesitan una puesta a tierra segura. Tradicionalmente, estos sistemas se han conectado a tierra de diferentes maneras en diferentes lugares en la turbina eólica.

Al conectar los sistemas a un sistema de puesta a tierra en un lugar definido dentro de la turbina eólica es posible obtener una conexión a tierra segura y eficaz que nivele los potenciales eléctricos entre diferentes sistemas, diferentes partes de la turbina eólica y la tierra circundante. Esto es ventajoso porque las diferencias de potencial potencialmente dañinas y/o peligrosas entre diferentes sistemas de puesta a tierra y/o diferentes partes de la turbina eólica y/o la zona que rodea la turbina eólica se evitan o se reducen en gran medida.

En un aspecto de la invención, dicho lugar definido incluye un riel de un material eléctricamente conductor con medios de conexión para dichos sistemas, por ejemplo, bucles y orificios de conexión para establecer una conexión entre el riel y pantallas de cable de dichos sistemas.

El uso de un riel realizado de un material eléctricamente conductor para establecer el lugar definido es ventajoso, porque un riel es un medio sencillo, poco costoso y al mismo tiempo un medio eficaz para unir todos los cables, etc. que necesitan una puesta a tierra.

En un aspecto de la invención, dicho material de riel es acero inoxidable.

La realización del riel de acero inoxidable es ventajosa, porque este es un material muy duradero con buenas cualidades de conducción eléctrica. Además, al realizar el riel de acero inoxidable, el riesgo de corrosión galvánica, se evita o al menos se reduce en gran medida.

En un aspecto de la invención, dicho lugar definido es el único punto de entrada (SPE) en la turbina eólica para cables de energía, conductor de control y similares.

Establecer el lugar definido en el lugar en el que todos los cables de energía, conductor de control, cables de protección frente a rayos, etc. entran o salen de la turbina eólica es ventajoso, porque De este modo, es posible garantizar de manera sencilla que antes de que esos alambres o cables se conecten a su destino en o en el exterior de la turbina eólica se conectarán a la tierra. De este modo, el riesgo de diferencias de potencial eléctrico dañinas o peligrosas en o alrededor de la turbina eólica se evita o se reduce adicionalmente.

En un aspecto de la invención, dicho lugar definido se coloca dentro de la sección de cimientos, por ejemplo, justo por encima del nivel del suelo.

Al establecer el lugar definido justo por encima del nivel del suelo en el interior de la torre de turbina eólica es posible conectar a tierra todos los cables, alambres, componentes etc. inmediatamente después de que entren o justo antes de que salgan de la turbina eólica, normalmente a través de un conducto integrado en los cimientos.

En un aspecto de la invención, dicho lugar definido se coloca dentro de un anillo de torre tubular, por ejemplo, dentro del primer anillo de torre con conexiones al interior del anillo.

De este modo, se logra una realización ventajosa de la invención.

En un aspecto de la invención, dicho lugar definido se coloca dentro de una torre enrejada, por ejemplo, con conexiones a diferentes perfiles de acero de la torre.

De este modo, se logra una realización ventajosa de la invención.

En un aspecto de la invención, las partes conectadas de dichos sistemas al lugar definido son las pantallas de los cables de energía, las pantallas de los cables de control, el conductor de bajada de los sistemas de protección frente a rayos y/o la pantalla de cables de fibra óptica.

Es ventajoso conectar todas las pantallas de cables y alambres, el conductor de bajada de los sistemas de protección frente a rayos y otros elementos que necesitan la conexión a tierra al lugar definido en la torre de turbina eólica, porque De este modo, se garantiza que todos los elementos de conducción eléctricos que entran o salen de la turbina eólica se nivelen al potencial de tierra de manera segura y libre de peligro.

En un aspecto de la invención, el lugar definido está conectado adicionalmente a un sistema de puesta a tierra, estando dicho sistema de puesta a tierra integrado parcial o totalmente en los cimientos de turbina eólica.

Dado que los cimientos de la turbina eólica se sitúan directamente bajo la turbina eólica y los cimientos permiten un entorno predecible y controlado, es ventajoso integrar el sistema de puesta a tierra parcial o totalmente en los cimientos.

En un aspecto de la invención, dicho sistema de puesta a tierra comprende uno o más medios de conducción eléctricos que se extienden radialmente desde dicha turbina eólica al interior del suelo, siendo dichos medios, por ejemplo, dos conductores con una longitud de entre aproximadamente 30 y 50 metros que se extienden en sentidos sustancialmente opuestos.

Es ventajoso realizar el sistema de puesta a tierra para que comprenda conductores que se extienden radialmente desde la turbina eólica al interior del suelo porque, de este modo, se establece una conexión de puesta a tierra segura y buena.

Además, es ventajoso que los conductores se extiendan radialmente al interior del suelo, porque, por ejemplo, en comparación con vástagos de tierra verticales, los conductores de tierra sustancialmente horizontales son más fáciles de instalar en el suelo, y es posible instalarlos en las mismas zanjas de cables que se usan para los cables de energía principales u otros cables. Esto permite que no se necesite una pequeña excavación adicional para instalar conductores de tierra horizontales.

Adicionalmente, cuando se instalan los conductores de tierra en las mismas zanjas de cables que los otros cables que entran o salen de la turbina eólica, los conductores de tierra también funcionarán como protección frente a rayos de los otros cables en el suelo.

En un aspecto de la invención, dicho sistema de puesta a tierra comprende dos medios de conducción eléctricos que se extienden radialmente desde dicha turbina eólica al interior del suelo en un ángulo mutuo de no menos de 80 grados en un plano horizontal.

Por ejemplo, en un sistema de protección frente a rayos, solo aproximadamente los primeros 40 metros de los medios de conducción eléctricos que discurren en el suelo serán eficaces en el sentido de conducir el rayo de alta frecuencia. Por tanto, es ventajoso dotar al sistema de puesta a tierra de dos medios de conducción eléctricos que discurran en sentidos sustancialmente opuestos o al menos que formen un ángulo intermedio en un plano horizontal de no menos de 80 grados, para garantizar que los medios de conducción eléctricos cubran una zona lo más grande posible, para garantizar que la eficacia del sistema de puesta a tierra no se vea reducida debido a que los medios de conducción eléctricos se han colocado demasiado próximos.

En un aspecto de la invención, un extremo de al menos uno de dichos medios de conducción eléctricos está conectado al sistema de puesta a tierra de una subestación, el sistema de puesta a tierra de una turbina eólica próxima, el sistema de puesta a tierra de una planta de transformación de una red de distribución o el sistema de puesta a tierra de un cable de alta tensión de una red de distribución.

Esto es ventajoso porque de este modo, es posible nivelar el potencial eléctrico de la turbina eólica contra la conexión a tierra de cualquier equipo eléctrico al que estén conectados, por ejemplo, los cables de energía principales de la turbina eólica.

En un aspecto de la invención, dicho sistema de puesta a tierra comprende una puesta a tierra de cimientos que incluye al menos un alambre de puesta a tierra integrado en dichos cimientos.

Los cimientos para una turbina eólica grande actual se refuerzan, habitualmente, mediante redes o barras de metal con excelentes cualidades de conducción eléctrica y, dado que los cimientos son muy grandes y la superficie de los cimientos está en contacto con el suelo que los rodea, que también es, por tanto, muy grande, es ventajoso integrar un alambre de puesta a tierra en los cimientos.

En un aspecto de la invención, dicho al menos un alambre de puesta a tierra comprende medios para conectarse eléctricamente al refuerzo de metal en dichos cimientos.

Al conectar el alambre de puesta a tierra al refuerzo en los cimientos es posible establecer una gran conexión a tierra, segura y eficaz de manera poco costosa y sencilla.

En un aspecto de la invención, dichos medios de conducción eléctricos y/o dicho alambre de puesta a tierra son alambres de cobre trenzados pelados.

El cobre es un excelente conductor de electricidad además de ser un material relativamente duradero e inactivo y los alambres trenzados pelados tienen una gran capacidad y superficie que hacen que este tipo de cable sea adecuado particularmente para incluirse en el hormigón en los cimientos de turbina eólica o enterrarse en el suelo para formar una conexión a tierra.

En un aspecto de la invención, dicho sistema de puesta a tierra comprende una o más estructuras de soporte de cimientos de metal que albergan dichos cimientos de turbina eólica y/o se integran en cimientos de turbina eólica.

Determinados tipos de cimientos, tales como los cimientos sobre pilotes, comprenden estructuras de soporte de metal en forma de tubería o carcasas de cajas realizadas de placas de metal, que, por ejemplo, están corrugadas. Esta estructura de soporte es relativamente grande y cubre mucho terreno por debajo de la turbina eólica, lo que es ventajoso porque De este modo, se establece una conexión de puesta a tierra buena y segura.

La invención proporciona además una turbina eólica conectada a una red de distribución. La turbina eólica comprende al menos dos sistema eléctricos tales como un sistema de protección frente a rayos y un sistema de energía de tensión alta o baja, un potencial de tierra eléctrico establecido por al menos una puesta a tierra de cimientos que incluye al menos un alambre de puesta a tierra integrado parcial o totalmente en los cimientos de turbina eólica, y al menos un medio de conducción eléctrico que se extiende radialmente desde dicha turbina eólica al interior del suelo, en el que una conexión a dicho potencial de tierra eléctrico se establece desde un lugar definido dentro de la turbina eólica para dichos sistemas.

El uso de los cimientos de turbina eólica es una manera eficaz, segura y sencilla de establecer una conexión a tierra y al complementar esto por medio de medios de conducción eléctricos que se extienden sustancialmente en horizontal desde dicha turbina eólica al interior del suelo se establece una conexión a tierra particularmente eficaz y segura, que se distribuye sobre una zona grande que rodea la turbina eólica.

Al juntar los diferentes sistemas de puesta a tierra en conjunto en un lugar definido en la turbina eólica es posible realizar una conexión segura y eficaz a los sistemas eléctricos, eliminando o reduciendo De este modo, el riesgo de que se produzcan diferencias de potencial dañinas o peligrosas en la o alrededor de la turbina eólica.

En un aspecto de la invención, dicho lugar definido incluye un riel de un material eléctricamente conductor con medios de conexión para dichos sistemas, por ejemplo, bucles y orificios de conexión para establecer una conexión entre el riel y pantallas de cable de dichos sistemas.

En un aspecto de la invención, dicho material de riel es acero inoxidable.

En un aspecto de la invención, el lugar definido está conectado adicionalmente a un sistema de puesta a tierra, estando dicho sistema de puesta a tierra integrado parcial o totalmente en los cimientos de turbina eólica.

En un aspecto de la invención, dicho sistema de puesta a tierra comprende uno o más medios de conducción eléctricos que se extienden radialmente desde dicha turbina eólica al interior del suelo, siendo dichos medios, por ejemplo, dos conductores con una longitud de entre aproximadamente 30 y 50 metros que se extienden en sentidos sustancialmente opuestos.

En un aspecto de la invención, dicho sistema de puesta a tierra comprende dos medios de conducción eléctricos que se extienden radialmente desde dicha turbina eólica al interior del suelo en un ángulo mutuo de no menos de 80 grados en un plano horizontal.

En un aspecto de la invención, un extremo de al menos uno de dichos medios de conducción eléctricos se conecta al sistema de puesta a tierra de una subestación, el sistema de puesta a tierra de una turbina eólica próxima, el sistema de puesta a tierra de una planta de transformación de una red de distribución o el sistema de puesta a tierra de un cable de alta tensión de una red de distribución.

Aún adicionalmente, la invención proporciona un parque eólico que comprende al menos dos turbinas eólicas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 23.

El uso de las turbinas eólicas cuando los sistemas eléctricos y otros se conectan a los sistemas de puesta a tierra en un lugar definido dentro de las turbinas eólicas para formar un parque eólico son ventajosos porque la eficacia de las turbinas eólicas individuales en un parque depende de la eficacia de las otras turbinas eólicas en el parque. Si todas las turbinas eólicas están dotadas de sistemas de puesta a tierra y conexiones al sistema de puesta a tierra según la invención, el riesgo de averías en turbinas eólicas individuales se reduce, por ende, la eficacia general de la totalidad del parque se ve incrementada.

En un aspecto de la invención, dichas al menos dos turbinas eólicas están interconectadas por medio de sistemas de puesta a tierra de dichas turbinas eólicas.

Al interconectar las turbinas eólicas, puede nivelarse cualquier diferencia de potencial entre las turbinas eólicas individuales en el parque. Esto es ventajoso porque las diferencias de potencial eléctrico entre las turbinas eólicas pueden ser dañinas de manera potencial, particularmente, para el equipo eléctrico en las turbinas eólicas, y peligroso para el personal que hace funcionar o que realiza tareas de mantenimiento en las turbinas eólicas.

En un aspecto de la invención, dichos sistemas de puesta a tierra comprenden uno o más medios de conducción eléctricos que se extienden radialmente desde dichas turbinas eólicas al interior del suelo, estando dichos medios de conducción eléctricos interconectados De este modo, formando uno o más alambres de interconexión a tierra.

Los medios de conducción eléctricos tienen por naturaleza unas excelentes cualidades de conducción de electricidad y mediante la conexión de estos medios de conducción eléctricos desde las turbinas eólicas individuales para hacer que formen alambres de interconexión, no se necesitan medios de nivelación de potencial eléctrico adicionales entre las turbinas eólicas. De este modo, se establecen medios eficaces y poco costosos para nivelar las diferencias de potencial eléctrico entre las turbinas eólicas.

Figuras

La invención se describirá a continuación con referencia a las figuras en las que

la figura 1 ilustra una turbina eólica grande actual conocida en la técnica, como si se observara desde el frente,

la figura 2 ilustra una sección transversal de unos cimientos de turbina eólica que comprenden un sistema de puesta a tierra, como si se observara desde el lateral,

la figura 3 ilustra una sección transversal de un sistema de puesta a tierra interno en unos cimientos de turbina eólica, como si se observara desde el frente,

la figura 4 ilustra una sección transversal del mismo sistema de puesta a tierra interno en unos cimientos de turbina eólica tal como se muestra en la figura 3, como si se observara desde arriba,

la figura 5 ilustra una sección transversal de una torre de turbina eólica que comprende una primera realización de un riel, como si se observara desde arriba,

la figura 6 ilustra una sección transversal de una torre de turbina eólica que comprende una segunda realización de un riel, como si se observara desde arriba,

la figura 7 ilustra una sección transversal de una torre de turbina eólica que comprende un riel, como si se observara desde el frente,

la figura 8 ilustra una vista esquemática del cableado en un parque eólico, como si se observara desde arriba,

la figura 9 ilustra una sección transversal de una realización de unos cimientos sobre pilotes que comprende un sistema de puesta a tierra, como si se observara desde el lateral, y

la figura 10 ilustra una realización de unos cimientos sobre pilotes que comprende un sistema de puesta a tierra, como si se observara desde arriba.

Descripción detallada

La figura 1 ilustra una turbina eólica actual 1, que comprende una torre 2 colocada en unos cimientos 6 y una góndola de turbina eólica 3 colocada en la parte superior de la torre 2. El rotor de turbina eólica 4, que comprende tres palas de turbina eólica 5, se conecta a la góndola 3 a través del árbol de velocidad baja 6 que se extiende hacia el exterior de la parte frontal de la góndola 3.

La figura 2 ilustra una sección transversal de unos cimientos de turbina eólica que comprenden un sistema de puesta a tierra 7, como si se observara desde el lateral.

En esta realización de la invención, el sistema de puesta a tierra 7 comprende al menos dos sistemas independientes diferentes 8, 9, 11 que establecen un potencial de tierra eléctrico para la turbina eólica 1. Estando conectados los al menos dos sistemas independientes diferentes 8, 9, 11 a un único riel 12 en un lugar definido en la turbina eólica 1. El primer sistema es la propia puesta a tierra de cimientos 8 y el segundo son dos medios de conducción eléctricos 9 que se extienden radialmente desde la turbina eólica 1 al interior del suelo.

En esta realización preferida, el segundo sistema comprende dos alambres 9, extendiéndose cada uno min. 40 metros D2 desde los cimientos en sentidos opuestos, en la que el extremo más alejado de la turbina eólica 1 en uno de los alambres 9 estaría conectado al sistema de puesta a tierra de una subestación próxima 21. Pero en otra realización, el sistema podría comprender otro número de alambres 9 tal como uno, tres, cuatro, cinco o más.

En una realización preferida, al menos uno de los alambres 9 siempre seguiría el cable o cables de energía principal(es) de las turbinas eólicas 16 hasta su origen, que puede ser, por ejemplo, una o más turbinas eólicas 1 próximas o una subestación 21 en un parque eólico 10 o puede ser una planta de transformación o un cable de energía de alta tensión de la red de distribución. De este modo, los alambres 9 también pueden funcionar como medios de protección frente a rayos para los cables de energía principales 16 a través de la totalidad de su trayectoria en el suelo.

En esta realización, los dos alambres 9 se colocan simétricamente alrededor de la turbina eólica, formando un ángulo entre los alambres 9 de 180 grados, pero en otra realización los alambres 9 pueden colocarse asimétricamente. En una realización preferida, habría al menos un ángulo de como mínimo 90 grados entre los alambres 9.

En esta realización, los alambres 9 se extienden en una línea recta radial desde los cimientos 6, pero en otra realización los alambres 9 pueden estar curvados o doblados, por ejemplo, para pasar obstáculos, tales como rocas. Además, en esta realización el suelo que rodea la turbina eólica es liso, por ende, los alambres 9 se extienden en horizontal si, tal como se muestra, están enterrados a una profundidad constante D1. Si el terreno circundante fuera irregular o si la turbina eólica estuviera localizada en una ladera, los alambres 9 seguirían extendiéndose radialmente desde la turbina eólica 1, pero los alambres 9 no serían horizontales, sino que en su lugar formarían un ángulo o estarían curvados.

En esta realización preferida, los medios de conducción eléctricos 9 en el sistema 7 consisten en alambres de cobre trenzados de 50 mm^2 pelados para reducir o eliminar el riesgo de corrosión galvánica, pero en otra realización pueden estar realizados de otro material eléctricamente conductor, tal como acero, acero inoxidable, aluminio, plata u otro, y la zona de sección o los alambres 9 podría obviamente ser tanto menor como mayor de 50 mm^2 dependiendo de la calidad del suelo, el tamaño y rendimiento de la turbina eólica 1 y muchos otros factores. Todas las conexiones en el sistema son dobles.

Es posible un tercer sistema de puesta a tierra 7 si la turbina eólica 1 formara parte de un parque eólico 10 que comprende al menos dos turbinas eólicas. Entonces los medios de conducción eléctricos 9 de una primera turbina eólica 1 pueden conectarse a los medios de conducción eléctricos 9 de una segunda turbina eólica 1. En esta realización solamente los primeros 40 metros de estos alambres de interconexión a tierra 11 entre las turbinas eólicas 1 se incluyen en el sistema de puesta a tierra 7 proporcionado por los medios de conducción eléctricos 9 en relación con el sistema de protección frente a rayos, ya que solamente los primeros 40 metros de alambre pelado 9 contribuyen de manera certera con el sistema de puesta a tierra, en relación con corrientes de rayos de alta frecuencia que discurren en el sistema. Este punto de vista sería relevante en relación con la protección frente a rayos y la compatibilidad electromagnética.

En esta realización, todas las partes en el sistema de puesta a tierra 7 son neutras (mismo potencial galvánico) unas con respecto a otras en relación con la corrosión galvánica. De este modo, no es posible ninguna corrosión galvánica en el sistema de puesta a tierra 7.

Todas las conexiones de puesta a tierra y conductores de bajada se conectan a un riel 12 en forma de una barra de unión a tierra principal en la parte inferior de la torre 2. Todos los cables entrantes (pantallas de cable) también están conectados a la barra de unión a tierra principal. Esto se describe más en detalle según las figuras 5, 6 y 7.

En esta realización el riel 12 está formado como una única barra recta pero en otra realización de la invención el riel puede estar curvado y su sección transversal podría estar realizada en varias formas diferentes, tales como cuadrada, rectangular, redonda, poligonal u otras.

En esta realización de la invención, el riel 12 está realizado de acero inoxidable para, entre otros motivos, eliminar el riesgo de corrosión galvánica, pero en otra realización, el riel 12 podría estar realizado de cobre, acero, aluminio, plata u otros.

La figura 3 ilustra una sección transversal de un sistema de puesta a tierra interno 8 en unos cimientos de turbina eólica 6, como si se observara desde el frente.

En esta realización varios alambres de cobre pelados de 50 mm^2 15 integrados en los cimientos de hormigón reforzados con acero 6 están conectados mediante terminales de conexión, para garantizar las conexiones entre el alambre de puesta a tierra de cobre 15 y las barras de acero de refuerzo transversales, por ejemplo, cada 5 metros a lo largo del alambre de puesta a tierra. Además, el alambre de puesta a tierra de cobre 15 se conecta a todas las barras de acero de refuerzo transversales mediante fijaciones de alambre de acero habituales.

La presente invención se refiere a todas las clases de turbinas eólicas 1 conectadas a y que producen energía para una red de distribución y, por tanto, también a todas las clases de torres de turbina eólica 2, tales como torres de acero tubulares 2, torres de hormigón, torres enrejadas y otras. Diferentes tipos de torres 2 pueden demandar diferentes tipos de cimientos 6, e incluso para el tipo más común de torre de turbina eólica 2, concretamente la torre de acero tubular 2, existen varios tipos de cimientos 6 diferentes.

Un tipo es el moldeo por colada de varios pasadores roscados (no mostrados) en los cimientos 6 y entonces conectar la torre 2 a los cimientos por medio de estos pasadores. Otro tipo de cimientos es, en principio, el moldeo por colada de la parte inferior 14 de la torre en forma de una sección de cimientos de acero 14 en los cimientos 6 durante la realización de los cimientos 6, tal como se muestra en la figura 3.

Cuando se realizan este tipo de cimientos de turbina eólica 6, lo primero que hay que hacer es excavar un gran orificio en el suelo e instalar la capa de refuerzo inferior 13 y la sección de cimientos 14. Entonces el trabajo en la puesta a tierra de cimientos 8 debe comenzar por desenrollar, en este caso, 90 metros de alambre de puesta a tierra 15 junto a los cimientos 6.

Entonces se tira del alambre 15 a través de la parte superior de la sección de cimientos 14, hacia abajo a través de la parte inferior, y al exterior hacia el borde exterior del refuerzo. Después, a lo largo de todo el borde de la totalidad de los cimientos 6 y de vuelta a donde comenzó el alambre 15, a lo largo del borde. Entonces, de vuelta a la sección de cimientos 14, pero estando de vuelta en la sección de cimientos 14, dejándolo lo suficientemente suelto, de modo que el alambre de puesta a tierra 15 pueda fijarse posteriormente a la capa superior para el acero de refuerzo. Entonces, se tira del alambre de puesta a tierra 15 el resto del recorrido, de vuelta hacia abajo bajo la sección de cimientos 14 hacia arriba a la barra de unión a tierra principal 12 donde comenzó.

Ambos extremos del alambre de puesta a tierra 15 se montan (bloqueo de cables) en la barra de unión a tierra principal 12, cerca de cada extremo de la barra de unión 12.

Entonces, se colocan los terminales de conexión, por ejemplo, cada 5 metros a lo largo del alambre de puesta a tierra 15 para conectar el alambre de puesta a tierra 15 al refuerzo de acero inferior 13.

Después de que esta capa superior de refuerzo pueda instalarse en ese lugar, pueden instalarse conexiones adicionales.

Tan pronto como los alambres de puesta a tierra de cimientos 15 se han conectado a la barra de unión a tierra principal 12, y la sección de cimientos 14 se ha incluido en el hormigón, puede usarse la puesta a tierra de cimientos como una puesta a tierra temporal durante el montaje de turbina, conectándose a la barra de unión a tierra principal 12.

Esto es válido para cualquier parte de la turbina eólica 1; pala 5, rotor 4, góndola 3 y secciones de torre 2, etc. para evitar la descarga estática mientras se manipulan las partes de la turbina eólica 1, durante el montaje o cuando un generador portátil establecido requiere una puesta a tierra.

La figura 4 ilustra una sección transversal del mismo sistema de puesta a tierra interno en unos cimientos de turbina eólica 6, tal como se muestra en la figura 3, como si se observara desde arriba.

La figura ilustra un alambre de puesta a tierra interno 15 que discurre a lo largo de más o menos la totalidad del perímetro de los cimientos 6. Un extremo del alambre 15 se conecta a un extremo del riel 12 y el otro extremo del alambre 15 se conecta al otro extremo del riel 12.

La figura 5 ilustra una sección transversal de una torre de turbina eólica 2 que comprende una primera realización de un riel 12, como si se observara desde arriba.

En esta realización de la invención, el riel 12 está soldado directamente en la superficie interior de la sección de cimientos 14, pero en otra realización, el riel 12 también puede fijarse mediante pernos a la sección de cimientos 14 o si los cimientos no comprenden una sección de cimientos 14, el riel 12 puede montarse en la parte inferior de la torre 2 inmediatamente por encima de los cimientos 6. Independientemente del diseño o tipo de la torre 2 o los

cimientos 6, un objeto de la invención es el de establecer una conexión entre todos los cables de conducción de señal y/o energía 16, 18, 19 a un potencial de tierra eléctrico en forma del riel 12 en un lugar definido dentro de la turbina eólica 1.

Las medidas de protección frente a lesiones de seres vivos debido al contacto con la tensión se reducen a un nivel tolerable mediante el diseño del conductor de bajada de la turbina eólica 1. En esta realización el conductor de bajada del sistema de protección frente a rayos se define como la totalidad de la construcción de torre (un conductor de bajada natural), en la práctica una infraestructura de metal extensa grande.

Las medidas de protección frente a lesiones de seres vivos debido a la tensión de paso se reducen a un nivel tolerable mediante la equipotencialización de construcciones y suelo circundante, por medio del sistema de puesta a tierra enrejado 7. En este diseño, la totalidad de la puesta a tierra de cimientos (todas las barras o mallas de acero en los cimientos) junto con medios de conducción eléctricos 9 que se extienden radialmente, que además pueden funcionar como alambres de interconexión a tierra 11 entre el número de turbinas eólicas 1 en un parque eólico 10.

Dado que todas las partes de metal en y dentro de cada una de las turbinas eólicas 1 están interconectadas y conectadas al sistema de puesta a tierra enrejado 7 directamente por debajo de la torre 2, De este modo, no importa cómo de grande sea una corriente que discurra dentro del sistema de puesta a tierra 7, todas las partes y el suelo circundante estarán sometidos al mismo potencial. Cuando todas las partes de metal y suelo circundante se nivelen al mismo potencial (tensión), no se producirá ninguna tensión de paso o de contacto inaceptable.

En esta realización, todas las pantallas de cable o alambre de tierra concéntrico en todos los cables de alta tensión 16 que entran en la torre 2 se conectarán al riel 12 en forma de una barra de unión a tierra principal 12, directamente cuando entren en la torre 2. Esto podría realizarse mediante el pelado de una parte del cable de alta tensión 16 para dejar expuesta la pantalla. Entonces, la pantalla, por medio de trenzados, redes y/o resortes de cobre podría conectarse al riel 12 formando un bucle desde la pantalla hasta el riel 12.

Los cables de fibra óptica 19 con pantallas de cable metálicas también estarán conectados directamente a la barra de unión a tierra principal 12, directamente en el punto de entrada.

Se hará que todos los cables de comunicación, control o señalización 18 de cobre convencionales entren en la turbina 1 mediante pararrayos de sobretensión colocados en una caja de terminación/caja equipotencial 17 instalada cerca o directamente en la barra de unión a tierra principal 12. Esta caja 17 contiene pararrayos de sobretensión según número y tipo de cables 18 destinados a entrar en la turbina 1.

El número y el tipo de cables de comunicación o señalización 18 que entran en cada turbina 1 es siempre específico del sitio, mientras que el número y tipo de pararrayos de sobretensión también son específicos para cada turbina 1.

Las pantallas de cable de los cables de comunicación, control o señalización 18 se conectarán a los terminales de puesta a tierra en la caja equipotencial 17, tanto en los cables 18 entrantes como en los salientes.

Los cables de fibra óptica sin pantallas de cable metálicas (no mostrados), se permite que entren en la turbina 1 sin conectar el cable a la barra de unión a tierra principal 12.

La figura 6 ilustra una sección transversal de una torre de turbina eólica 2 que comprende una segunda realización de un riel 12, como si se observara desde arriba.

En esta realización de la invención, todos los cables de conducción de señal y/o energía 16, 18, 19 y los cables de todos los sistemas de puesta a tierra 7, 8, 9, 11 están todos conectados en una zona definida mediante el riel 12 en la parte inferior de la torre 2. El riel 12 se conecta entonces adicionalmente a la torre 2 por medio de un cable de tierra 20 que De este modo, establece adicionalmente una conexión de conducción indirecta o directa entre el sistema de puesta a tierra 7 y todas las partes de metal conectadas de la turbina eólica 1.

La figura 7 ilustra una sección transversal de una torre de turbina eólica 2 que comprende un riel 12, como si se observara desde el frente.

En esta realización, todos los cables y alambres se conectan al sistema de puesta a tierra 7 en el único punto de entrada (SPE) 22 que en este caso es el lugar justo por encima del nivel del suelo en la parte inferior de la torre de turbina eólica 2 en el que todos los alambres y cables entran o salen de la turbina eólica 1 a través de conductos en los cimientos 6.

Los cables de conducción de señal y/o energía 16, 18, 19 y los cables de todos los sistemas de puesta a tierra 7, 8, 9, 11 pueden conectarse al riel 12 de varias maneras diferentes. Una manera que se conoce bien es la de dotar al extremo del cable de un bloqueo de cable y entonces conectarlo al riel 12 por medio de un perno a través del orificio en el bloqueo de cable.

En esta realización, la caja equipotencial 17 se coloca junto al riel 12 pero en otra realización de la invención la caja 17 se colocaría directamente en el riel 12.

En esta realización, el riel 12 está conectado a un sistema eléctrico en forma de un sistema de energía de alta o baja tensión (según IEC, los sistemas de baja tensión son todos los sistemas por debajo de los 1000 voltios y los sistemas de alta tensión son todos los sistemas por encima de los 1000 voltios). El riel se conecta adicionalmente a un sistema de control en forma de un sistema SCADA (control de supervisión y adquisición de datos). El sistema SCADA es un sistema de medición distribuida (y control), a gran escala que se usa de manera habitual en parques eólicos 10, pero también en relación con turbinas eólicas 1 colocadas de manera individual.

Aún adicionalmente, el riel 12 se conecta a un sistema de seguridad en forma de un sistema de protección frente a rayos, lo que garantiza que si un rayo alcanza la turbina eólica, la energía se dirige al interior del suelo sin dañar la turbina eólica 1.

La figura 8 ilustra una vista esquemática del cableado en un parque eólico 10, como si se observara desde arriba

En esta realización de la invención, se conectan ocho turbinas eólicas individuales 1 entre sí y a una subestación 21 por medio de los medios de conducción eléctricos 9 del sistema de puesta a tierra 7 en forma de alambres de interconexión a tierra 11.

La subestación 21 puede comprender transformadores, equipos para facilitar las funciones de control de anfitrión del sistema SCADA, alojamientos, espacio de almacenamiento y otras facilidades.

El alambre de interconexión a tierra 11 cumple la función tanto como parte del sistema de puesta a tierra 7 como también como parte de una protección frente a rayos de los cables de alta tensión 16 que discurren entre cada turbina eólica 1 y entre turbinas eólicas 1 y la subestación 21.

En la parte inferior de cada una de las torres 2, se instala una barra de unión a tierra principal 12. Todas las conexiones de puesta a tierra 7, 8, 9, 11 se conectan directamente a este riel 12 en todas las turbinas eólicas 1. Adicionalmente, las conexiones equipotenciales a todos los cables, o pantallas de cable, se realizan inmediatamente después de que los cables hayan entrado en la turbina eólica 1.

Adicionalmente, cada turbina eólica 1 y subestación 21 se conecta mediante la pantalla de cable concéntrica o alambre de tierra que forma parte del cable de alta tensión 16 que conecta las turbinas eólicas 1 y la subestación 21. Basándose en estas interconexiones dobles de todas las turbinas eólicas 1 y la subestación 21 en la misma red, el sistema de puesta a tierra 7 se considera un sistema de conducción neutro con múltiples puestas a tierra HV (de alta tensión).

A lo largo de cada conexión de cable de alta tensión 16 entre turbinas eólicas individuales 1 o entre una turbina eólica 1 y la subestación 21, se instala un conductor de cobre trenzado pelado 9 que, de este modo, forma un alambre de interconexión a tierra 11.

En una realización preferida, el alambre de interconexión a tierra 11 se entierra junto con, pero por encima de los cables de alta tensión 16, para hacer que los alambres 11 actúen como protección frente a rayos de los cables de alta tensión 16 a través de la totalidad de su trayectoria en el suelo. Pero en algunas partes del mundo, pueden existir normas o regulaciones locales que dictan otra colocación del alambre de interconexión a tierra 11 tal como debajo de o junto a los cables de alta tensión 16.

Habitualmente, no existen cables de señalización o cables de comunicación colocados en la misma zanja de cable que los cables de alta tensión 16 y el alambre de interconexión a tierra 11. Solamente los cables de fibra óptica sin pantallas de cable metálicas pueden colocarse en la misma zanja de cable que los cables de alta tensión 16 y el alambre de interconexión a tierra 11.

Si los cables de comunicación, control o señalización 18, que contienen alambres metálicos, pantallas, armadura, cintas, etc. y los cables de alta tensión 16 y el alambre de interconexión a tierra 11 se colocan demasiado cerca del suelo, existe un gran riesgo de dañar los cables y equipo de comunicación debido a la proximidad a los cables de alta tensión 16 y el sistema de puesta a tierra 7. Los daños vienen provocados por la tensión inducida en los cables de comunicación 18 durante una falla a tierra o cortocircuito en el sistema de alta tensión.

Los cables de comunicación 18 que contienen alambres metálicos, pantallas, armadura, cintas, etc. se colocan, preferiblemente, en zanjas de cables independientes, como mínimo a 1 metro alejadas de la zanja de cable que contiene los cables de alta tensión 16, cuando discurren en la dirección paralela. Cuando los cables de comunicación 18 cruzan una zanja de cable de un cable de alta tensión 16 y el alambre de interconexión a tierra 11 la distancia al cable de baja tensión, en el punto de cruce es, preferiblemente, de no menos de 0,3 metros.

La figura 9 ilustra una sección transversal de una realización de unos cimientos sobre pilotes 24 que comprenden un sistema de puesta a tierra 7, como si se observara desde el frente.

En esta realización de la invención, los cimientos sobre pilotes 24 comprenden dos estructuras de soporte de metal 23 en forma de una carcasa de tubería corrugada interna y una externa. La distancia entre las dos estructuras 23 se mantiene por medio de varios vástagos roscados 25 realizados de metal, tal como acero, también formando de este

modo una conexión eléctrica entre las dos estructuras de soporte 23.

Unos cimientos sobre pilotes 24 son un tipo de cimientos que se forman, habitualmente, mediante la excavación de un gran orificio en el suelo y la colocación de dos estructuras de soporte de metal concéntricas 23 en el orificio. Básicamente, el espacio entre las dos estructuras está dotado de varios pernos de anclaje 26 en los que después el espacio se rellena con hormigón 28. Los pernos de anclaje 26 se usan para fijar la torre 2 a los cimientos 6.

En esta realización, los medios de conducción eléctricos 9, por ejemplo, en forma de un alambre de cobre trenzado pelado están conectados a uno o más de los pernos roscados 25 y se integran a través del hormigón 28 y hacia arriba por encima de la superficie superior de los cimientos para conectarse al riel 12.

Las estructuras 23 pueden galvanizarse, pero si se galvanizan, la capa de superficie de cinc funcionará como un ánodo de sacrificio para los medios de conducción eléctricos 9. Por tanto, la capa de cinc desaparecerá tras un periodo de tiempo relativamente corto. En esta realización de la invención, todo el lado exterior de la totalidad de los cimientos 6 se cubre, por tanto, con hormigón o lechada 28 (misma característica) haciendo que la superficie de acero descubierta de las estructuras de soporte 23 sea inactiva, con respecto a la corrosión. En esta realización el interior de la carcasa de tubería interna de los cimientos 24 se rellena con hormigón 28, pero en otra realización solamente podría cavarse una zanja anular con un diámetro interno menor que el diámetro interno de la carcasa de tubería interna, dejando una cavidad que podría rellenarse con hormigón 28, lechada o suciedad.

Para garantizar que la totalidad de las estructuras de soporte 23 se encierren por el hormigón o lechada 28, las estructuras 23 se colocan en varios separadores 27 formados, por ejemplo, como ladrillos de hormigón prefabricados, permitiendo de este modo que el hormigón o lechada 28 fluya bajo las estructuras 23 durante la realización de los cimientos 24.

La figura 10 ilustra una realización de unos cimientos sobre pilotes 24 que comprenden un sistema de puesta a tierra 7, como si se observara desde arriba.

En esta realización de la invención, los medios de conducción eléctricos 9 se forman como un único alambre integrado parcialmente en el hormigón 28 y conectado a todos los cuatro vástagos roscados próximos a la parte superior de los cimientos 24 por medio de terminales de conexión 29 o abrazaderas de acero corrugado. Los dos extremos libres de los medios de conducción eléctricos 9 se guían a través del hormigón 28 y hacia arriba al único punto de entrada 22 para conectarse al riel 12.

En esta realización de la invención, los cimientos sobre pilotes 24 están dotados adicionalmente de un refuerzo de metal anular 30 entre las dos estructuras de soporte de metal anulares 23.

En otra realización de la invención los medios de conducción eléctricos 9 pueden conectarse directamente a las estructuras de soporte de metal 23, al refuerzo anular 30 u otros, o los medios de conducción eléctricos 9 pueden conectarse a otro número de pernos de anclaje 26, tal como uno, dos, tres, seis o más.

La invención se ha ejemplificado anteriormente con referencia a ejemplos específicos de sistemas de puesta a tierra 7, torres 2, cimientos 6 y rieles 12. Sin embargo, debe entenderse que la invención no se limita a los ejemplos particulares descritos anteriormente, sino que puede diseñarse y alterarse en múltiples variantes dentro del alcance de la invención tal como se especifica en las reivindicaciones.

Lista

1. Turbina eólica
2. Torre
3. Góndola
4. Rotor
5. Pala
6. Cimientos
7. Sistema de puesta a tierra
8. Puesta a tierra de cimientos
9. Medios de conducción eléctricos
10. Parque eólico
11. Alambre de interconexión a tierra

12. Riel

13. Capa de refuerzo inferior

14. Sección de cimientos

15. Alambre de puesta a tierra

16. Cable de alta tensión

17. Caja equipotencial

18. Cable de comunicación, control o señalización

19. Cable de fibra óptica

20. Cable de tierra

21. Subestación

22. Único punto de entrada (SPE)

23. Estructura de soporte de cimientos de metal

24. Cimientos sobre pilotes

25. Vástago roscado

26. Perno de anclaje

27. Separador

28. Hormigón

29. Terminal de conexión

30. Refuerzo anular

D1. Profundidad de medios de conducción eléctricos en el suelo

D2. Extensión de medios de conducción eléctricos desde la turbina eólica

REIVINDICACIONES

1. Turbina eólica (1) conectada a una red de distribución, comprendiendo dicha turbina eólica (1)

al menos un sistema eléctrico, tal como sistemas y cables de energía de alta o baja tensión (16),

al menos un sistema de control, tal como un sistema SCADA y cables de control (18, 19), y

al menos un sistema de seguridad, que comprende un sistema de protección frente a rayos, en el que una conexión a un potencial de tierra eléctrico se establece desde un lugar definido dentro de la turbina eólica (1) para dichos sistemas, en la que dicho lugar definido está colocado dentro de la sección de cimientos (14) justo por encima del nivel del suelo, dicho lugar definido incluye un riel (12) de un material eléctricamente conductor con medios de conexión para dichos sistemas, en la que dichos medios de conexión comprenden bucles y orificios de conexión para establecer una conexión entre el riel (12) y pantallas de cable de dichos sistemas.

2. Turbina eólica (1) según la reivindicación 1, en la que dicho material de riel (12) es acero inoxidable.

3. Turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, en la que dicho lugar definido es el único punto de entrada (SPE) (22) en la turbina eólica (1) para cables de energía, conductor de control y similares.

4. Turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que dicho lugar definido está colocado dentro de un anillo de torre tubular por ejemplo en el interior del primer anillo de torre con conexiones al interior del anillo.

5. Turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que las partes conectadas de dichos sistemas al lugar definido son las pantallas de los cables de energía, las pantallas de los cables de control, el conductor de bajada de los sistemas de protección frente a rayos y/o la pantalla de cables de fibra óptica.

6. Turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que el lugar definido está conectado adicionalmente a un sistema de puesta a tierra (7), estando dicho sistema de puesta a tierra integrado parcial o totalmente en los cimientos de turbina eólica (6).

7. Turbina eólica (1) según la reivindicación 6, en la que dicho sistema de puesta a tierra (7) comprende uno o más medios de conducción eléctricos (9) que se extienden radialmente desde dicha turbina eólica (1) al interior del suelo, por ejemplo, siendo dichos medios dos conductores con una longitud de entre aproximadamente 30 y 50 metros que se extienden en sentidos sustancialmente opuestos.

8. Turbina eólica (1) según la reivindicación 7, en la que un extremo de al menos uno de dichos medios de conducción eléctricos (9) está conectado al sistema de puesta a tierra de una subestación (21), el sistema de puesta a tierra de una turbina eólica próxima (1), el sistema de puesta a tierra de una planta de transformación de una red de distribución o el sistema de puesta a tierra de un cable de alta tensión de una red de distribución.

9. Turbina eólica (1) según la reivindicación 1, comprendiendo dicha turbina eólica (1) al menos dos sistemas eléctricos, tales como un sistema de protección frente a rayos y un sistema de energía de alta o baja tensión,

un potencial de tierra eléctrico establecido mediante su integración parcial o total en los cimientos de turbina eólica (6), y

al menos un medio de conducción eléctrico (9) que se extiende radialmente desde dicha turbina eólica (1) al interior del suelo

en la que una conexión a dicho potencial de tierra eléctrico se establece desde un lugar definido dentro de la turbina eólica (1) para dichos sistemas, dicho lugar definido incluye un riel (12) de un material eléctricamente conductor con medios de conexión para dichos sistemas.

10. Turbina eólica (1) según la reivindicación 9, en la que dichos medios de conexión para dichos sistemas comprenden bucles y orificios de conexión para establecer una conexión entre el riel (12) y pantallas de cable de dichos sistemas.

11. Parque eólico (10) que comprende al menos dos turbinas eólicas (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

12. Parque eólico (10) según la reivindicación 11, en el que dichas al menos dos turbinas eólicas (1) están interconectadas por medio de sistemas de puesta a tierra (7) de dichas turbinas eólicas (1).

13. Parque eólico (10) según la reivindicación 12, en el que dichos sistemas de puesta a tierra (7) comprenden uno o más medios de conducción eléctricos (9) que se extienden radialmente desde dichas turbinas eólicas (1) al interior del suelo, estando dichos medios de conducción eléctricos (9) interconectados formando de este modo, uno o más alambres de interconexión a tierra (11).

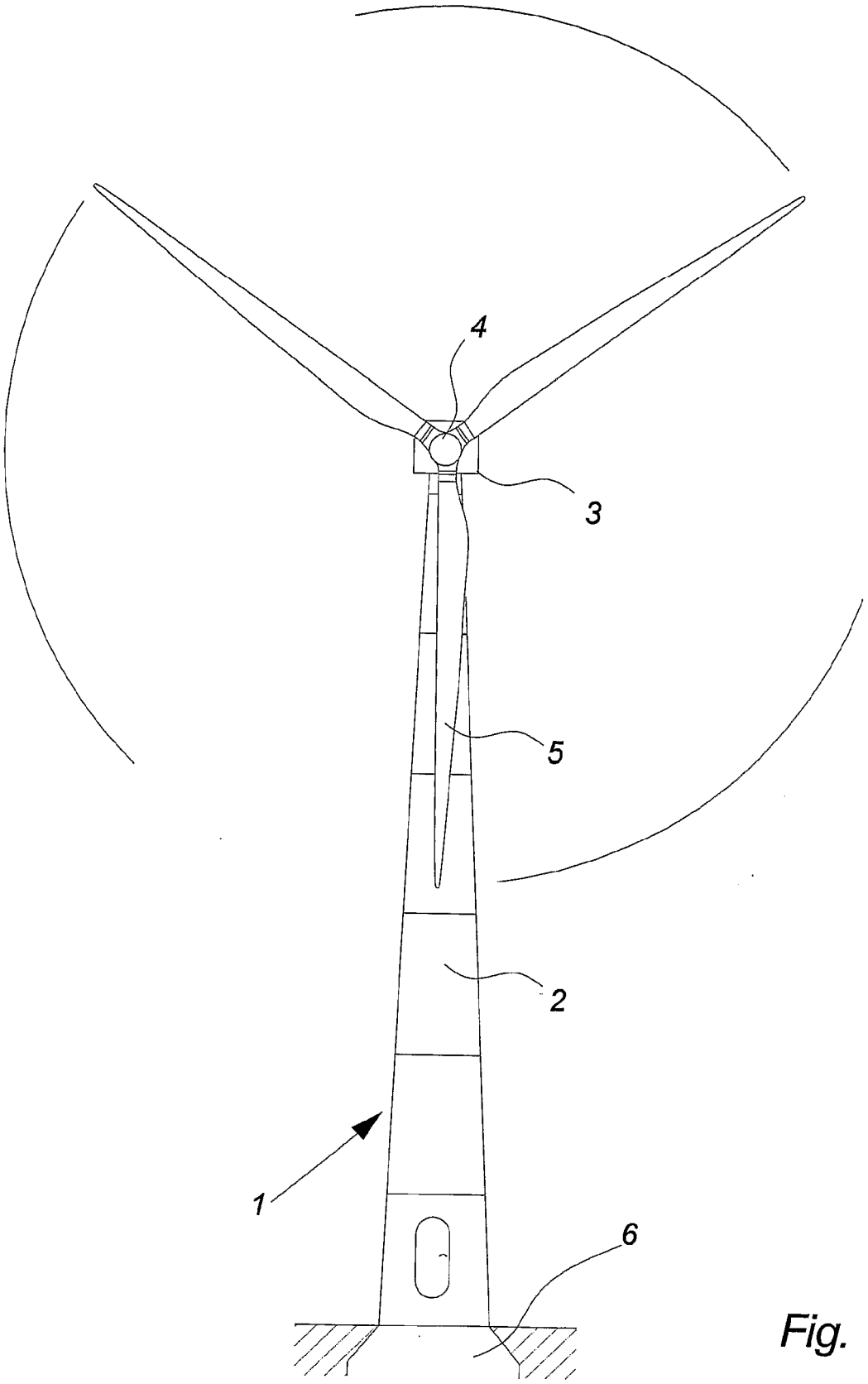
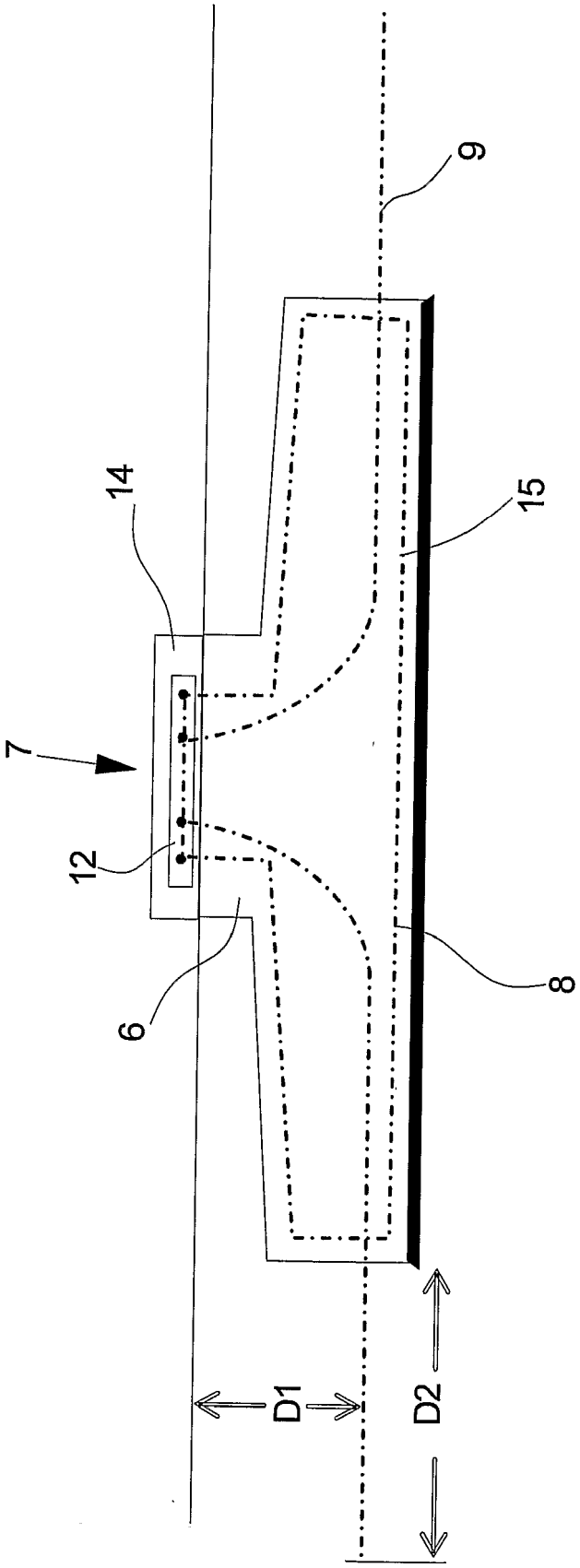


Fig. 1


9
14
15
7
12
8
6
D1
D2

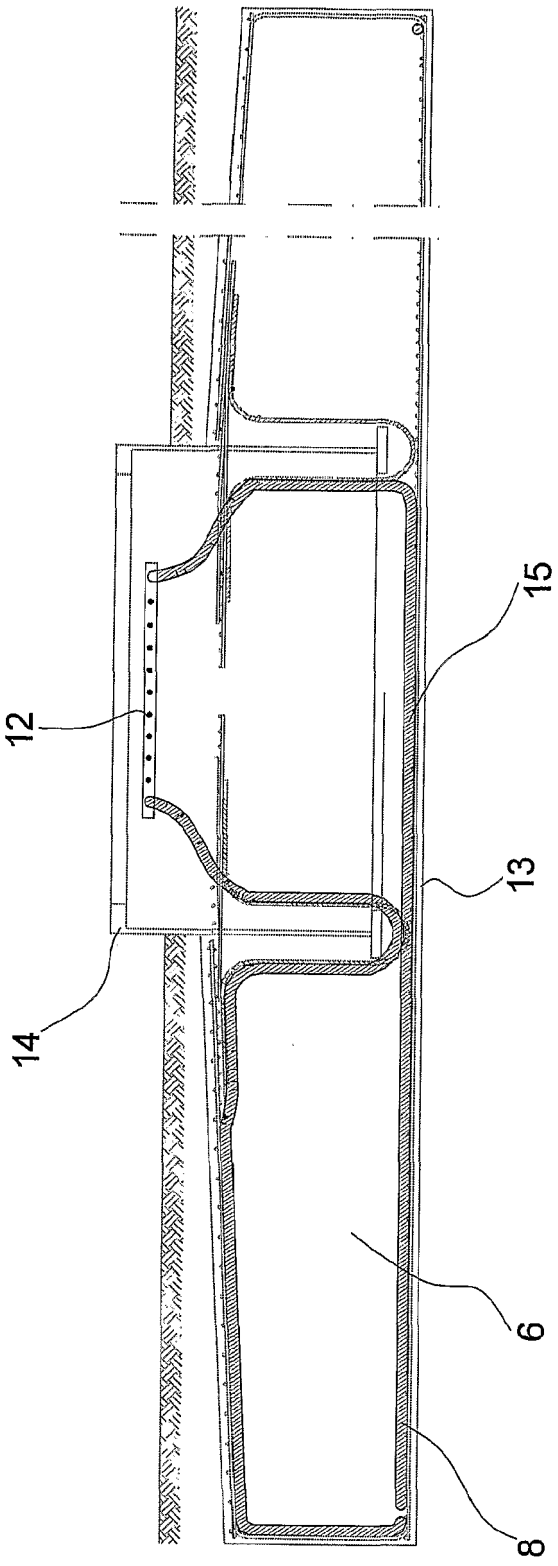


Fig. 3

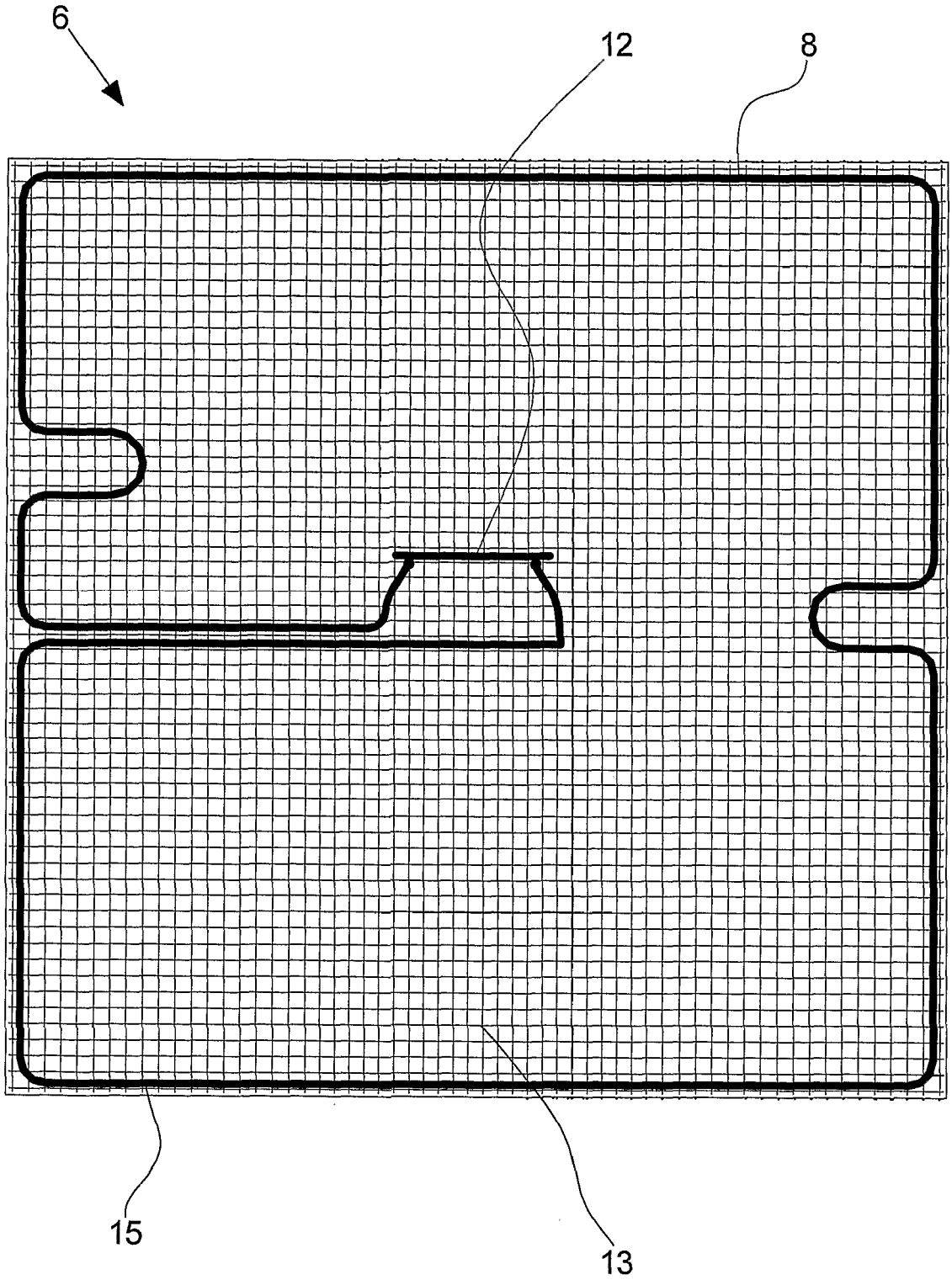


Fig. 4

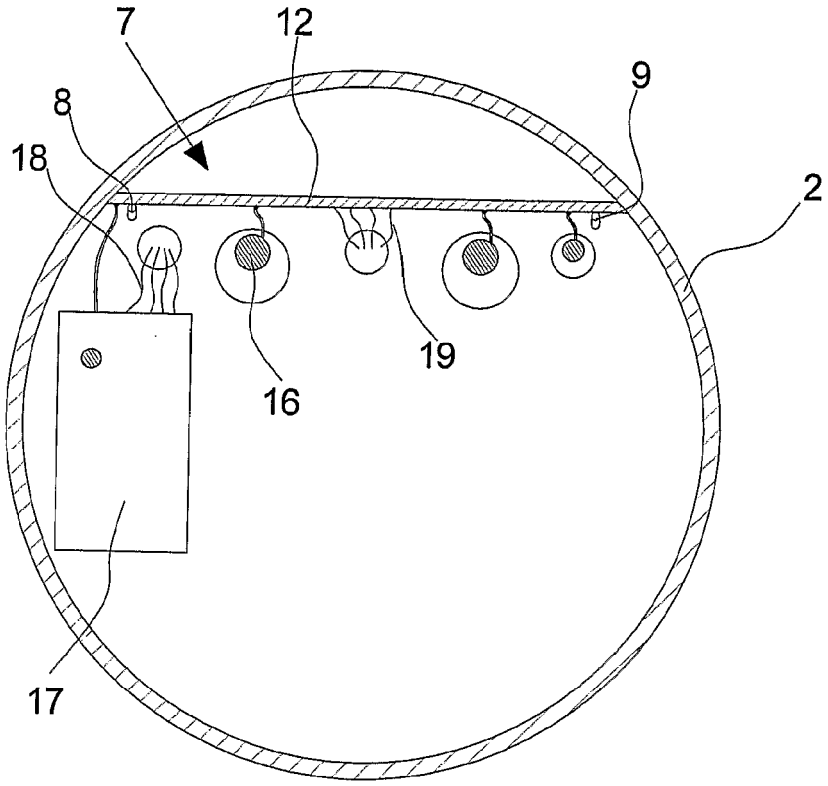


Fig. 5

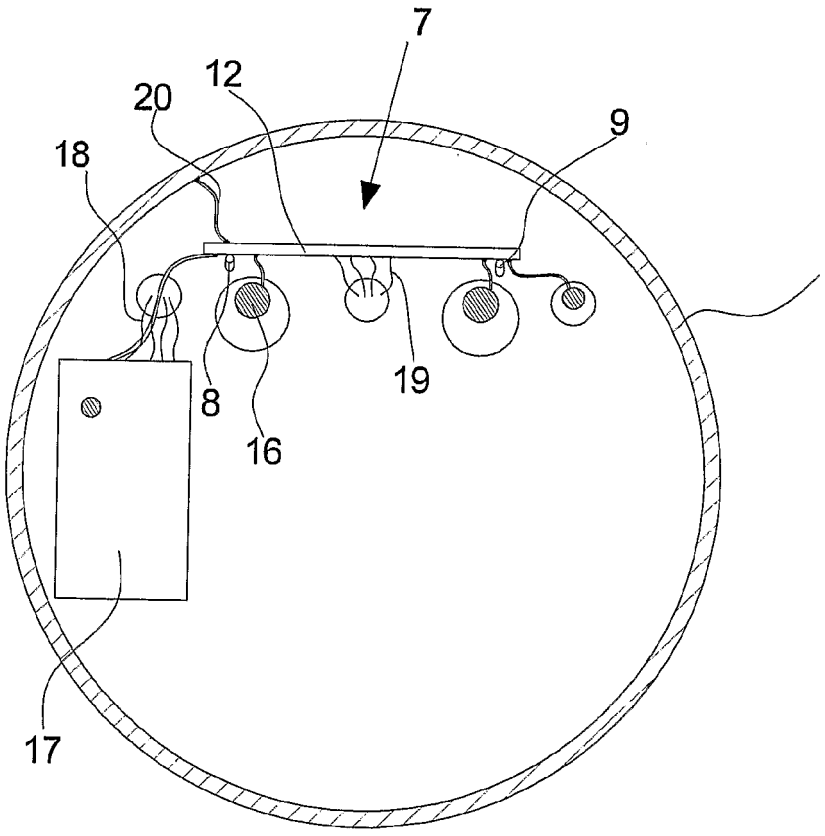


Fig. 6

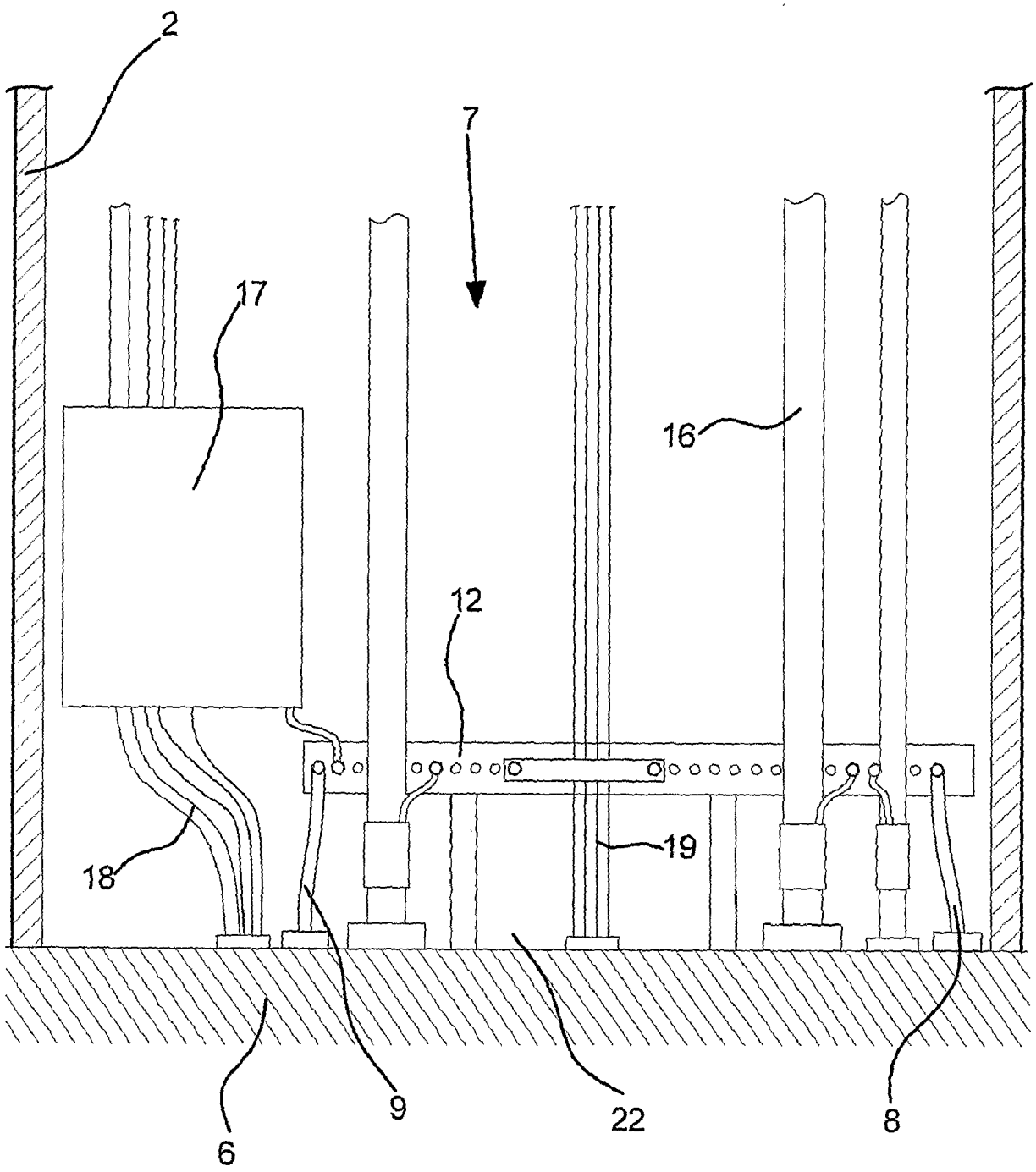


Fig. 7

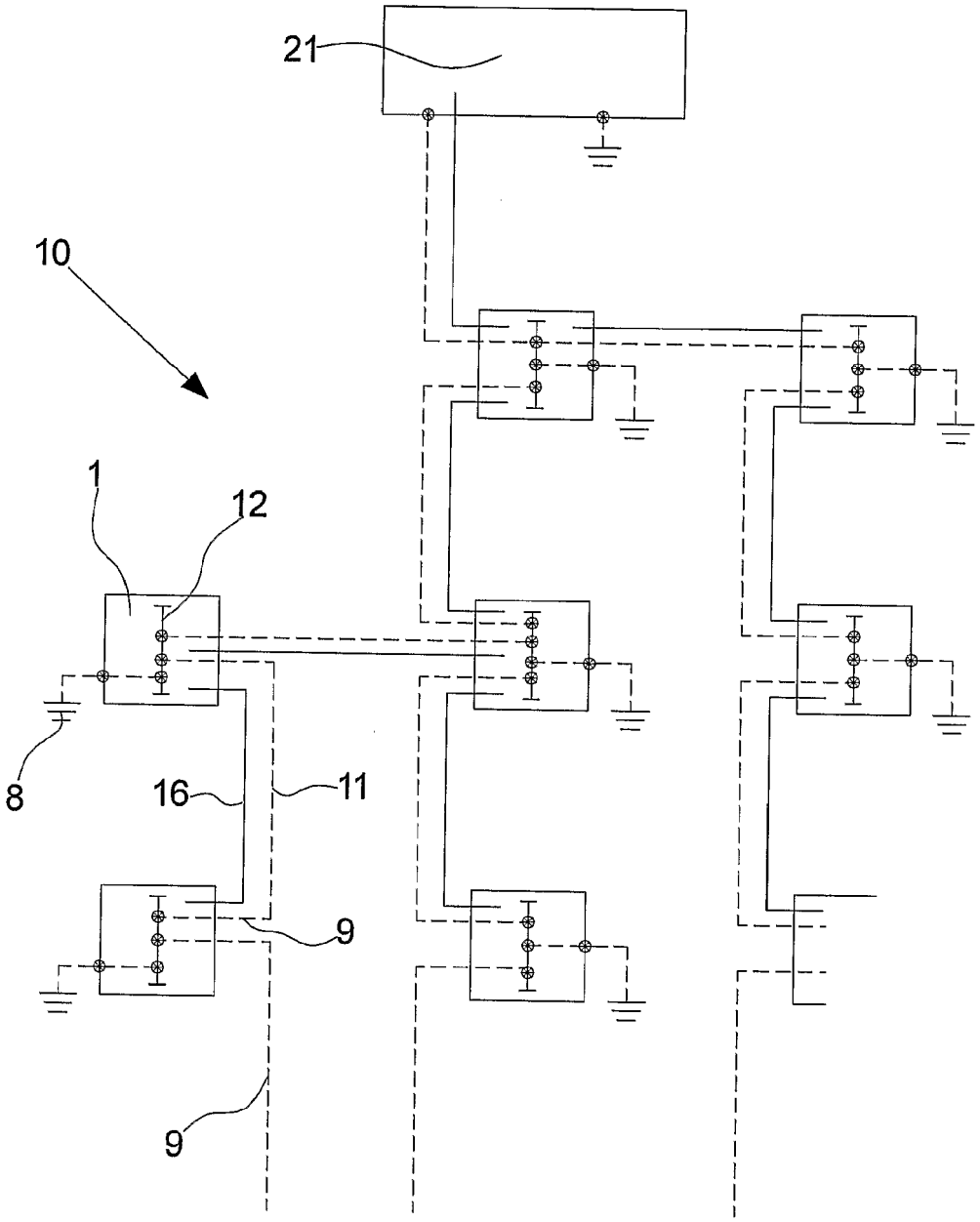


Fig. 8

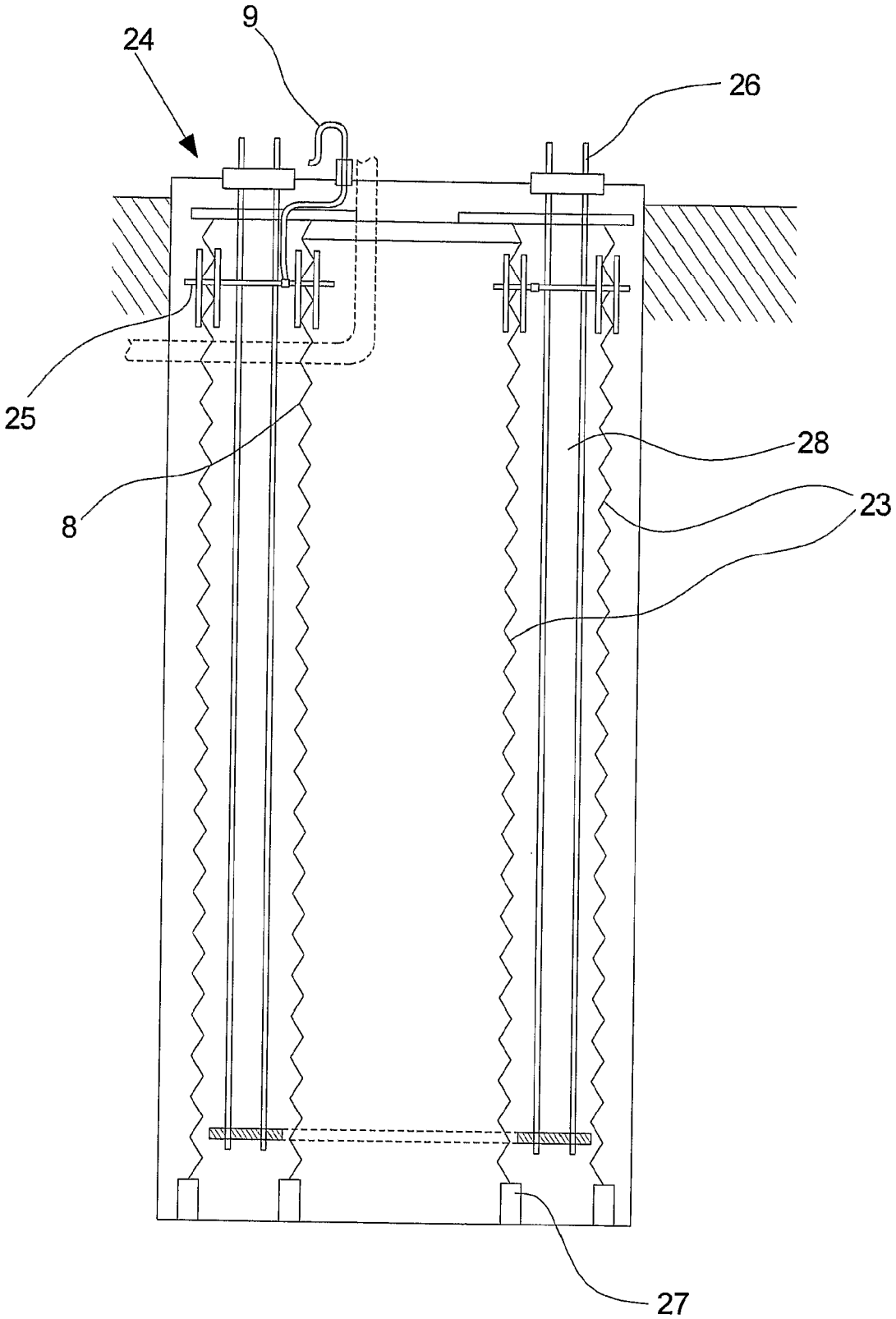


Fig. 9

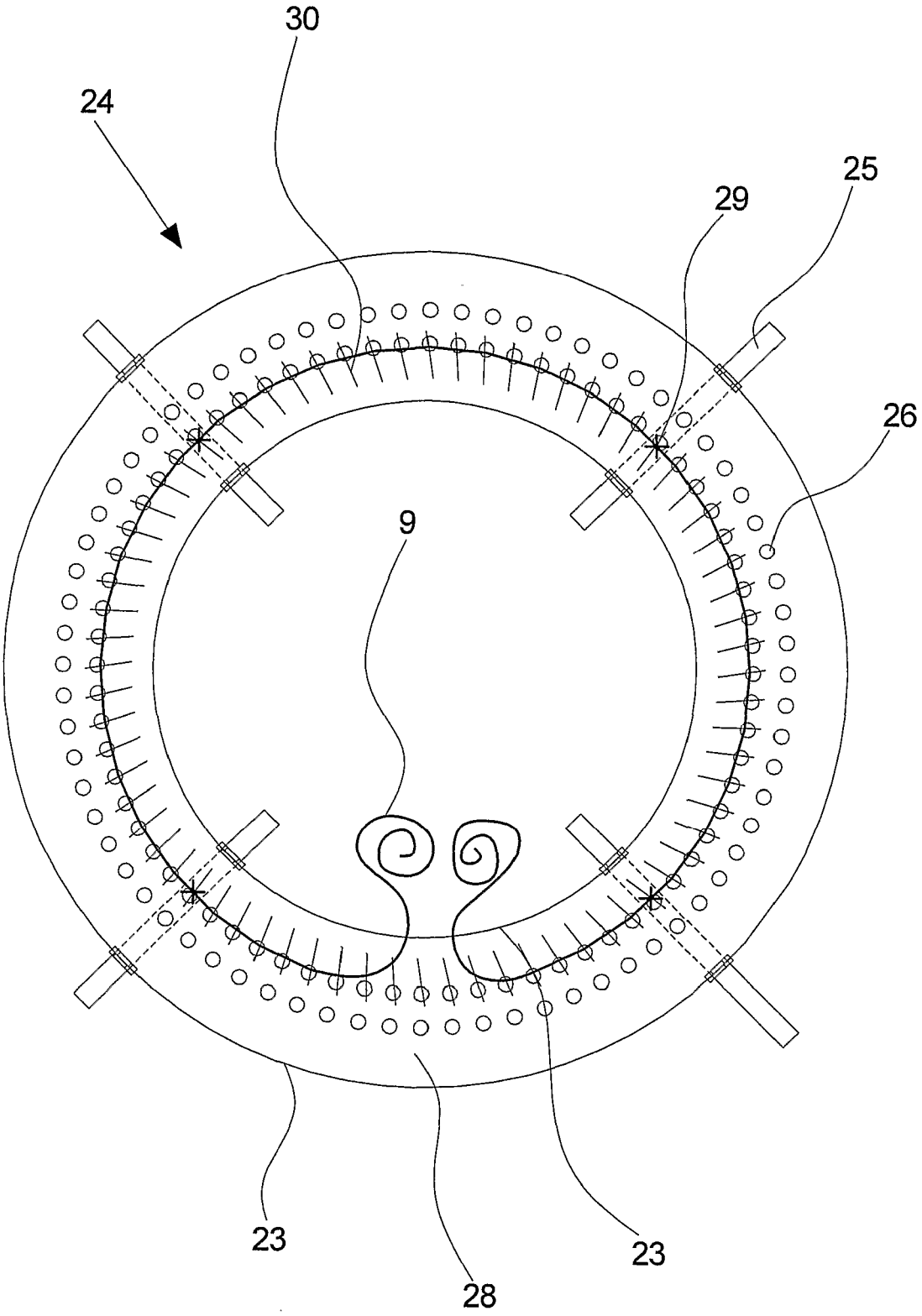


Fig. 10