

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 657 709**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F15D 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.04.2015** **E 15164479 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.11.2017** **EP 3085956**

54 Título: **Torre para una planta de energía eólica y procedimiento para el montaje de una planta de energía eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.03.2018

73 Titular/es:
NORDEX ENERGY GMBH (100.0%)
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg, DE

72 Inventor/es:

TRAME, MICHAEL y
MÜLLER, SARAH

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 657 709 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

Torre para una planta de energía eólica y procedimiento para el montaje de una planta de energía eólica

5 La presente invención se refiere a una torre para una planta de energía eólica. La invención se refiere también a un procedimiento para el montaje de una planta de energía eólica.

Además de las numerosas cargas que se han de considerar en el caso de la torre de una planta de energía eólica en relación con la resistencia y la idoneidad del uso, las vibraciones son un aspecto importante en particular en torres de mucha altura. Un fenómeno conocido es la calle de vórtices Von Kármán, según el que por detrás de un cuerpo rodeado por un flujo se forman vórtices en dirección contraria. Tales vórtices pueden inducir vibraciones en la torre de una planta de energía eólica. En este caso, la torre vibra con una amplitud parcialmente grande en transversal a la dirección del viento y, por tanto, este fenómeno es conocido como vibración transversal inducida por vórtices. Dicho fenómeno se produce en particular cuando la planta de energía eólica no está en modo operativo, sino en reposo o cuando la torre no tiene aún góndola ni rotor durante el montaje de la planta de energía eólica.

Por el documento GB907851A es conocido colocar de forma helicoidal nervios en cuerpos alargados, que están rodeados por un flujo, con el fin de impedir la formación de una calle de vórtices por detrás del cuerpo. El documento DE102010009435A1 da a conocer el uso de tales espiras Scruton en plantas de energía eólica.

Por el documento GB2362938A es conocida la colocación de protuberancias en cuerpos alargados para reducir las fuerzas causadas por vórtices. Esta publicación muestra en particular en la figura 8 varias protuberancias dispuestas a diferentes alturas y de manera desplazada entre sí en la circunferencia en una torre de una planta de energía eólica.

Por el documento EP1515040A1 es conocido prever una envoltura de aislamiento acústico para reducir la emisión de ruidos en una planta de energía eólica, que rodea al menos parcialmente el lado exterior de una torre de la planta de energía eólica y está situada a una distancia del lado exterior de la torre.

Por el artículo "Reductions in drag and fluctuating forces for a circular cylinder by attaching cylindrical rings" de Hajime Nakamura y Tamotsu Igarashi, Journal of Fluid Science and Technology, volumen 2 (2007), número 1, páginas 12-22 (DOI: 10.1299/jfst. 2.12) es conocido que la instalación de anillos cilíndricos en un cilindro rodeado por un flujo reduce las fuerzas de empuje y las fuerzas alternantes en el cilindro. Medidas similares son conocidas por el artículo "Omnidirectional reductions in drag and fluctuating forces for a circular cylinder by attaching rings" de H. Nakamura y T. Igarashi, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, volumen 96 (2008), páginas 887 a 899.

Por la patente US3,581,449 es conocida una torre, en particular un mástil de antena, con las características del preámbulo de la reivindicación 1.

La invención tiene el objetivo de proporcionar una torre para una planta de energía eólica, en la que se eviten las vibraciones transversales inducidas por vórtices.

Según la invención, el objetivo se consigue mediante una torre para una planta de energía eólica con las características de la reivindicación 1. El objetivo se consigue asimismo mediante un procedimiento para el montaje de una planta de energía eólica con las características de la reivindicación 12. Configuraciones ventajosas son los objetos de las reivindicaciones secundarias.

La torre para una planta de energía eólica según la invención presenta una sección de base, mediante la que se puede unir a un cimientto o se puede montar sobre el mismo, y presenta también una cabeza de torre, en la que se puede instalar una góndola de la planta de energía eólica. La torre tiene una forma tubular, en particular cilíndrica y/o cónica por secciones. Al menos a una altura predefinida, la torre está rodeada por un elemento anular con un efecto aerodinámico que está situado de manera concéntrica respecto al eje longitudinal de la torre. El elemento anular tiene una superficie de revestimiento con un diámetro y una longitud, siendo el diámetro al menos 1,05 veces mayor que el diámetro exterior de la torre a la altura predefinida y presentando la longitud de la superficie de revestimiento al menos la mitad del valor de este diámetro exterior. Por ejemplo, el diámetro de la superficie de revestimiento puede ser aproximadamente 1,3 veces mayor que el diámetro exterior de la torre y la longitud puede corresponder aproximadamente al diámetro de la superficie de revestimiento.

Si el elemento anular está compuesto sólo de un elemento que forma la superficie de revestimiento, en el extremo superior e inferior del elemento anular queda abierto un espacio entre el lado exterior de la torre y el elemento anular. En el caso de la invención, este espacio se cierra mediante una superficie anular y dicha superficie anular es preferentemente plana.

El elemento anular tiene preferentemente una forma cilíndrica. En el estado instalado en una sección de torre cilíndrica, la superficie de revestimiento queda situada a continuación a una distancia uniforme del lado exterior de la

torre.

5 En el estado montado en una sección de torre cónica, es decir, el diámetro exterior de la torre disminuye de abajo hacia arriba, el elemento anular está configurado en una forma de realización de tal modo que su diámetro interior descansa en el diámetro exterior de la torre y se sujeta en la torre sin otro medio de fijación.

10 En otra forma de realización, el elemento anular está fijado de manera separable en la torre. Para la fijación separable se usan preferentemente tornillos o se usa preferentemente también una sujeción magnética o una combinación de estas técnicas.

El elemento anular está compuesto preferentemente de dos o más segmentos anulares que se extienden en cada caso por una parte de la circunferencia y forman conjuntamente el elemento anular. Los elementos anulares se unen entre sí de manera separable.

15 El elemento anular está fabricado preferentemente de un material compuesto de fibras, un material derivado de la madera, un material de plástico o una combinación de estos materiales.

20 En una torre se instalan preferentemente varios elementos anulares a una distancia uno de otro. La distancia entre dos elementos anulares contiguos corresponde aquí a 2 a 10 diámetros exteriores de la torre, por ejemplo, aproximadamente 3 a 6 diámetros exteriores aproximadamente.

25 El procedimiento, según la invención, de acuerdo con la reivindicación 12 sirve para el montaje de una planta de energía eólica. El procedimiento puede incluir en particular el montaje de una torre según la invención. Por tanto, las explicaciones anteriores de las características y ventajas se aplican de manera correspondiente al procedimiento.

30 En el procedimiento se pone a disposición primeramente una torre. La torre se subdivide primeramente en su dirección longitudinal en secciones tubulares que se identifican también como secciones de torre. Cada sección de torre puede tener una forma cilíndrica o cónica. En caso de una forma cónica, la sección de torre se estrecha de abajo hacia arriba, o sea, una sección de torre cónica tiene después del montaje en su extremo inferior un diámetro exterior mayor que en su extremo superior. Antes del montaje se instala en al menos una sección de torre un elemento anular con un efecto aerodinámico, que está situado de manera concéntrica respecto al eje longitudinal de la sección de torre. El elemento anular tiene una superficie de revestimiento con un diámetro y una longitud, siendo el diámetro al menos 1,05 veces mayor que el diámetro exterior de la sección de torre y presentando la longitud de la superficie de revestimiento al menos la mitad del valor de este diámetro exterior. Por ejemplo, el diámetro de la superficie de revestimiento puede ser aproximadamente 1,3 veces mayor que el diámetro exterior de la sección de torre y la longitud puede corresponder aproximadamente al diámetro.

40 En otra etapa, la torre de la planta de energía eólica se monta al colocarse primeramente la sección de torre inferior sobre un cimiento y unirse al mismo. A continuación se coloca otra sección de torre sobre la primera y se une a la misma y así sucesivamente. Las secciones de torre, en las que están instalados los segmentos anulares, se integran en la secuencia de montaje de tal modo que los elementos anulares quedan situados a la altura predefinida después del montaje. Por consiguiente, los elementos anulares actúan de manera aerodinámica inmediatamente después del montaje e impiden la generación de vibraciones en la torre, que son inducidas por vórtices, antes de finalizar completamente el montaje de la planta de energía eólica.

45 La góndola de la planta de energía eólica se fija a continuación en la torre, de modo que es soportada por la torre y puede girar alrededor del eje longitudinal de la torre, para seguir posteriormente la dirección variable del viento durante el funcionamiento de la planta de energía eólica. Por último, se instala el rotor y la planta de energía eólica se puede poner en funcionamiento.

50 Si los elementos anulares deben impedir las vibraciones, inducidas asimismo por vórtices, en fases posteriores, cuando la planta de energía eólica está fuera de funcionamiento, estos pueden permanecer en la torre de la planta de energía eólica. En una configuración se vuelven a desmontar después de instalarse la góndola y el rotor en la torre.

55 La invención se explica en detalle a continuación por medio de las figuras. Muestran:

Fig. 1 una planta de energía eólica con una torre, según la invención; y

60 Fig. 2 una torre, según la invención, para una planta de energía eólica.

65 Una posibilidad para influir sobre el desprendimiento de vórtices en la estela del cilindro consiste en modificar la superficie del cilindro de modo que se generen vórtices horizontales que se desprendan en paralelo a la dirección de flujo. Una forma ideal sería una superficie ondulada del cilindro basada en la forma de las vibras de una foca. Dado que es muy complicado y costoso implementar una superficie ondulada en la torre de una planta de energía eólica, se tiene en cuenta aquí una alternativa que se deriva de la superficie ondulada. Como muestran las figuras, a

determinadas distancias se instalan elementos anulares cilíndricos 10, 11 en la torre 2, lo que influye de manera similar sobre el desprendimiento de vórtices.

5 La figura 1 muestra una planta de energía eólica 1 que presenta una torre 2, una góndola 4 montada de manera giratoria en la torre 2 y un rotor 3 montado en la góndola 4. En la góndola 4 están situados dispositivos para convertir la energía generada por el movimiento giratorio del rotor 3 en energía eléctrica, en particular al menos un generador. En la torre 2 están instalados elementos anulares cilíndricos 10, 11 que se identifican a continuación también simplemente como anillos 10, 11.

10 La figura 2 muestra una torre para una planta de energía eólica 2, no provista aún de góndola y rotor. Éste es un estado que se presenta durante el montaje de una planta de energía eólica. Los anillos 10, 11 ya están instalados. Como resultado de un premontaje eventual de fábrica o en el suelo de la obra, el sistema queda activo directamente después de montarse la sección de torre correspondiente.

15 Los anillos 10, 11 tienen aquí un diámetro exterior mayor que la propia torre 2 y una altura dependiente del diámetro. La influencia de los anillos 10, 11 sobre el flujo depende en gran medida de la geometría de los anillos 10, 11, o sea, la longitud, el diámetro y la distancia entre los anillos 10, 11. Las figuras muestran en cada caso dos anillos 10, 11, pudiendo presentar el anillo superior 10 un diámetro y/o una longitud diferentes al anillo inferior 11, en correspondencia con el diámetro exterior de la torre 2 a la altura respectiva.

20 El desprendimiento de vórtices por detrás de una estructura cilíndrica normal es un fenómeno bidimensional. Es decir, no hay o hay sólo componentes de flujo muy pequeños en dirección vertical. Este fenómeno se convierte en un fenómeno tridimensional debido a la instalación de los anillos cilíndricos. Además de las columnas de vórtices verticales se forman también vórtices horizontales en los cantos superiores e inferiores de los anillos 10, 11. De este modo, el flujo se atrapa por detrás de los anillos y se interrumpen las columnas de vórtices verticales. Además, las diferencias, provocadas de esta manera, en el diámetro de la estructura garantizan diferentes frecuencias de desprendimientos de los vórtices. Esto y los componentes de flujo verticales a través de los vórtices horizontales provocan puntos de desprendimiento de los vórtices muy variables en la circunferencia de la torre y, por tanto, una reducción de la longitud de correlación, produciéndose un debilitamiento o una supresión de la calle de vórtices Von Kármán.

35 Los anillos cilíndricos 10, 11 tienen asimismo una influencia pasiva sobre el desprendimiento de vórtices. La fabricación y la instalación de los anillos 10, 11 se pueden ejecutar con un coste relativamente pequeño debido a la simplicidad de los componentes. Dado que sobre los anillos 10, 11 se aplica sólo la carga del viento, los mismos pueden estar fabricados de materiales muy ligeros y, sobre todo, favorables. Así, por ejemplo, es posible fabricar los anillos 10, 11 de plástico reciclado, plástico reforzado con fibras de vidrio, madera o acero.

40 La geometría simple de los anillos 10, 11 hace posible también su instalación en torres ya existentes o su fijación rápida y fácil como solución temporal en torres en el estado de montaje. Una posibilidad radica en la conicidad de la sección de torre que permite sujetar un anillo 10, 11 en una posición determinada, sin necesidad de otros medios auxiliares. Asimismo, el uso de imanes posibilitaría la instalación de tales anillos 10, 11 en el lado exterior de la torre 2. Si los anillos 10, 11 no son necesarios durante más tiempo al finalizar el montaje y al ponerse en marcha la planta de energía eólica 1, se pueden volver a desmontar fácilmente, sin dejar marcas en la torre 2.

45 **Números de referencia**

- 1 Planta de energía eólica
- 2 Torre
- 3 Rotor
- 50 4 Góndola
- 10 Elemento anular (superior)
- 11 Elemento anular (inferior)

REIVINDICACIONES

- 5 1. Torre (2) para una planta de energía eólica (1), que presenta al menos un elemento anular (10, 11) con un efecto aerodinámico, que rodea concéntricamente la torre (2) a una altura predefinida y presenta una superficie de revestimiento con un diámetro y una longitud, **caracterizada por que** el diámetro de la superficie de revestimiento es igual al menos al 105 % del diámetro exterior de la torre (2) a la altura predefinida y la longitud de la superficie de revestimiento es igual al menos al 50 % de este diámetro exterior y por que un espacio anular en el extremo superior y/o inferior del elemento anular (10, 11) está cerrado mediante una superficie anular del elemento anular (10, 11), presentando la torre (2) una sección de base para la unión a un cimiento y una cabeza de torre para la unión a una góndola (4).
- 10
2. Torre (2) para una planta de energía eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** la superficie de revestimiento queda situada a una distancia uniforme del lado exterior de la torre (2).
- 15 3. Torre (2) para una planta de energía eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizada por que** el diámetro exterior de la torre (2) se estrecha hacia arriba en la zona de la altura predefinida y el al menos un elemento anular (10, 11) presenta un diámetro interior adaptado al diámetro exterior de la torre (2) de tal modo que el elemento anular (10, 11) descansa a la altura predefinida en la torre (2), permaneciendo el elemento anular (10, 11) en la torre (2) sin otro medio de fijación.
- 20 4. Torre (2) para una planta de energía eólica (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada por que** el al menos un elemento anular (10, 11) está fijado de manera separable en la torre (2).
- 25 5. Torre (2) para una planta de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizada por que** el al menos un elemento anular (10, 11) está atornillado en la torre (2).
6. Torre (2) para una planta de energía eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 4 o 5, **caracterizada por que** el al menos un elemento anular (10, 11) presenta una sujeción magnética, mediante la que queda fijado en la torre (2).
- 30 7. Torre (2) para una planta de energía eólica (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada por que** el al menos un elemento anular (10, 11) está compuesto de al menos dos segmentos anulares que se extienden en cada caso por una parte de la circunferencia del elemento anular (10, 11) y están unidos de manera separable entre sí.
- 35 8. Torre (2) para una planta de energía eólica (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada por que** el elemento anular (10, 11) está fabricado de un material compuesto de fibras y/o un material derivado de la madera y/o acero y/o un material de plástico.
- 40 9. Torre (2) para una planta de energía eólica (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizada por que** varios de los elementos anulares (10, 11) están dispuestos a una distancia uno de otro en la torre (2).
- 45 10. Torre (2) para una planta de energía eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizada por que** la distancia entre dos elementos anulares contiguos (10, 11) está situada en el intervalo de 2 a 10 diámetros exteriores de la torre (2) a la altura del elemento anular superior de los dos elementos anulares contiguos (10).
- 50 11. Planta de energía eólica (1) con una torre (2) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, con una góndola (4) y un rotor (3) montado de manera giratoria en la góndola (4).
- 50 12. Procedimiento para el montaje de una planta de energía eólica (1) con las siguientes etapas:
- poner a disposición una torre de planta de energía eólica (2),
 - disponer al menos un elemento anular (10, 11) con un efecto aerodinámico, que presenta una superficie de revestimiento con un diámetro y una longitud, en la torre de planta de energía eólica (2), de modo que el elemento anular (10, 11) rodea concéntricamente la torre de planta de energía eólica (2) a una altura predefinida, siendo el diámetro de la superficie de revestimiento del elemento anular (10, 11) igual al menos al 105 % del diámetro exterior de la torre de planta de energía eólica (2) a la altura predefinida y siendo la longitud de la superficie de revestimiento igual al menos al 50 % de este diámetro exterior y estando cerrado un espacio anular en el extremo superior y/o inferior del elemento anular (10, 11) mediante una superficie anular del elemento anular (10, 11),
 - montar la torre de planta de energía eólica (2) y
 - fijar una góndola (4) y un rotor (3) en la torre de planta de energía eólica (2).
- 55 13. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado por que** el al menos un elemento anular (10, 11) se vuelve a desmontar de la torre de planta de energía eólica (2) después de fijarse la góndola (4) y el rotor (3).
- 65

14. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12 o 13, **caracterizado por que** el diámetro exterior de la torre (2) se estrecha hacia arriba en la zona de la altura predefinida y el al menos un elemento anular (10, 11) presenta un diámetro interior adaptado al diámetro exterior de la torre (2) de tal modo que el elemento anular (10, 11) descansa a la altura predefinida en la torre (2), permaneciendo el elemento anular (10, 11) en la torre (2) sin otro medio de fijación.

5

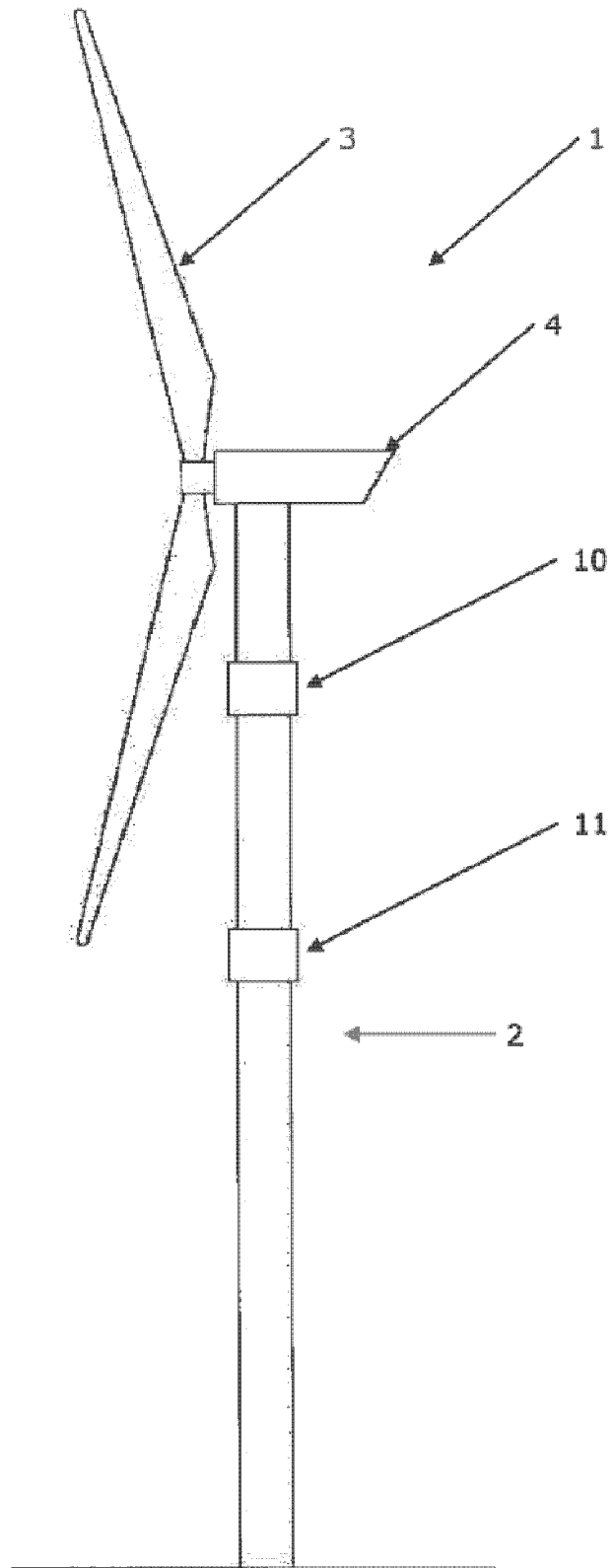


Fig. 1

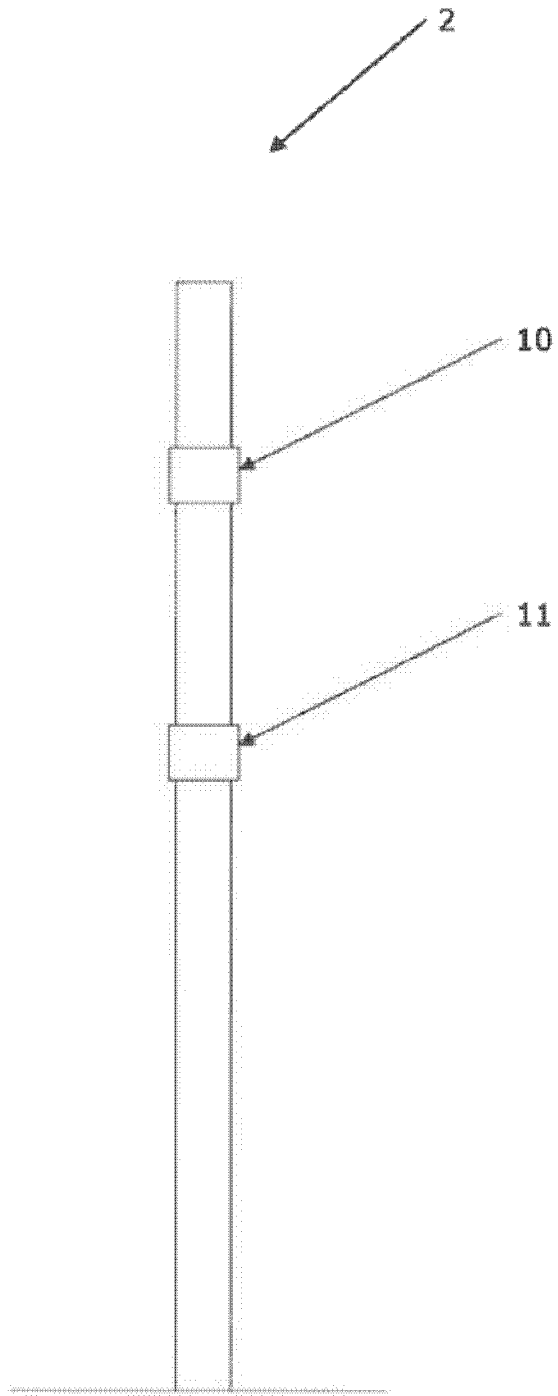


Fig. 2