



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 272 980**

51 Int. Cl.:
F03D 11/04 (2006.01)
E04B 1/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **03722305 .4**

86 Fecha de presentación : **09.05.2003**

87 Número de publicación de la solicitud: **1623116**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **08.02.2006**

54 Título: **Dispositivo de suspensión para torre de turbina eólica.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.05.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.05.2007

73 Titular/es: **Vestas Wind Systems A/S**
Smed Sorensens Vej 5
6950 Ringkobing, DK

72 Inventor/es: **Øllgaard, Børge**

74 Agente: **Tomás Gil, Tesifonte-Enrique**

ES 2 272 980 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

Dispositivo de suspensión para torre de turbina eólica.

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un método para montar elementos en una torre de turbina eólica.

Antecedentes de la invención

Comúnmente, las torres de turbina eólica llevan la barquilla y el rotor de una turbina eólica para permitir la rotación deseada del rotor y para levantar el rotor a una posición lo más lejana posible del terreno ya que la velocidad del viento normalmente aumenta con la distancia al terreno.

Una torre de turbina eólica puede ser construida según diferentes principios, por ejemplo, como torres de acero tubular, torres con estructura reticular o incluso torres de hormigón.

Muchas turbinas eólicas grandes son entregadas con torres de acero tubular fabricadas en secciones de 20-30 metros con rebordes en ambas extremidades y unidas juntas en el sitio. Las torres son normalmente cónicas para aumentar la resistencia y ahorrar materiales al mismo tiempo.

Las torres de acero normalmente comprenden un interior con plataformas, escaleras, medios de iluminación, cables distribuidores de corriente, ascensores, etc. los componentes son soldados a la superficie interna de la sección de la torre de acero o fijados directamente a los accesorios, que han sido soldados y/o unidos a la torre.

Uno de los varios problemas relacionados con las torres de turbina eólica descritas anteriormente es que la soldadura o fijación con pernos especialmente de los componentes interiores de la torre tales como escaleras, cables, etc., debilitan la estructura de la torre. El documento WO 00/36724 expone una turbina eólica con una suspensión para cables y similares.

En algunos casos es posible compensar este problema tomando precauciones relativamente costosas.

Resumen de la invención

La invención se refiere a una disposición de suspensión para torres de turbina eólica que comprende al menos un primer elemento compuesto de medios de fijación magnética y al menos otro elemento mecánico que es acoplado mecánicamente a dicho primer elemento mediante por lo menos un medio de acoplamiento, dichos medios de acoplamiento proporcionando al menos un grado de libertad entre dicha fijación magnética y al menos otro elemento.

Según una forma de realización de la invención, el desplazamiento mutuo en al menos una dirección puede ser absorbido o amortiguado sin transferir la fuerza de invocación en los medios de fijación magnética. De esta manera, la invención proporciona una optimización de la fijación provista por los medios de fijación magnética, debido al hecho de que las fuerzas que tienen una dirección a la que la fijación magnética puede ser débil, pueden ser absorbidas o amortiguadas en el acoplamiento. Preferiblemente y generalmente la invención trata de la suspensión permanente de elementos y estructuras dentro de una torre de turbina eólica. En otras palabras, los elementos suspendidos según la invención son preferiblemente destinados a ser permanentemente situados.

En una forma de realización de la invención, se fija sustancialmente al menos un grado de libertad. Así, mientras se acepta cierto grado de libertad respecto

al movimiento, al menos un grado de libertad debería ser sustancialmente fijado, facilitando de ese modo una suspensión sustancialmente rígida a través del acoplamiento entre el primer elemento y el elemento adicional en al menos una dirección. Esta dirección es normalmente en la dirección normal, es decir en la dirección donde las fuerzas magnéticas entre la fijación magnética y la base son más fuertes.

En una forma de realización de la invención, dichos medios de acoplamiento comprenden al menos una conexión articulada.

En una forma de realización de la invención, los medios de acoplamiento comprende medios de absorción de la vibración. Según una forma de realización ventajosa de la invención, los medios de absorción de la vibración deberían absorber vibraciones, por ejemplo en forma de vibraciones de tipo periódico, impulsos o fluencias, protegiendo de ese modo la fijación durante el uso. Evidentemente, esto es importante cuando se invocan vibraciones durante el uso de elementos fijados a la torre de turbina eólica.

En una forma de realización de la invención, el medio de absorción de la vibración comprende al menos un elemento elástico/flexible. Según la invención un elemento elástico/flexible representa una estructura que volverá a su forma original después de ser deformada, extendida o comprimida. Normalmente, tal elemento tendrá inherentes estas propiedades de una forma reversible, aunque puede darse una irreversibilidad mínima determinada debido a la histéresis del material.

En una forma de realización de la invención, el medio de absorción de la vibración comprende al menos una masa.

En una forma de realización de la invención, el medio de absorción de la vibración comprende al menos un amortiguador. Según la invención, un amortiguador comprende un elemento que induce a la pérdida de energía cinética cuando el elemento es activado. Casi cualquier estructura que facilite las propiedades deseadas respecto al movimiento del elemento adicional relativo al primer elemento puede ser diseñado mediante series o combinaciones paralelas de los tres elementos: masa, amortiguador y resorte (análogas).

En una forma de realización de la invención, el primer elemento, los medios de acoplamiento y el elemento adicional forman una única unidad de suspensión. Según una forma de realización ventajosa de la invención, la disposición de suspensión puede formar una única unidad, que puede ser montada sobre la pared de la torre simplemente posicionando la unidad en la posición deseada.

En una forma de realización de la invención, la unidad de suspensión comprende una conexión. Según una forma de realización ventajosa de la invención, la unidad es también montada con una conexión para que se pueda conectar una estructura mecánica.

En una forma de realización de la invención, los medios de fijación magnética comprenden un material magnético permanente.

En una forma de realización de la invención, el material magnético permanente comprende imanes permanentes de neodimio.

En una forma de realización de la invención, el material magnético permanente comprende imanes permanentes de samario-cobalto.

En una forma de realización de la invención, la

disposición de suspensión de la torre de turbina eólica comprende medios de fijación mecánica.

En una forma de realización de la invención, la disposición de suspensión de la torre de turbina eólica comprende al menos una barrera que encapsula dichos medios de fijación magnética completa o parcialmente.

En una forma de realización de la invención, la disposición de suspensión de la torre de turbina eólica y la barrera impide el paso de humedad a los medios magnéticos.

En una forma de realización de la invención, la disposición de suspensión de la torre de turbina eólica comprende medios para recibir fuerza de atracción mecánica en al menos una primera dirección (d3) y medios para el establecimiento de fuerzas de atracción magnética en al menos otra dirección (d1), dicha al menos otra dirección (d1) siendo sustancialmente transversal en relación a dicha al menos una primera dirección.

En una forma de realización de la invención, la disposición de suspensión de la torre de turbina eólica comprende medios de fijación de escaleras, obteniéndose forma de realización ventajosa de la invención.

En una forma de realización de la invención, la disposición de suspensión de la torre de turbina eólica comprende medios de fijación de plataformas, obteniéndose forma de realización ventajosa de la invención.

En una forma de realización de la invención, la disposición de suspensión de la torre de turbina eólica comprende medios de fijación de cableado, obteniéndose forma de realización ventajosa de la invención.

En una forma de realización de la invención, la disposición de suspensión de la torre de turbina eólica comprende medios de iluminación, obteniéndose forma de realización ventajosa de la invención.

Además, la invención se refiere a un método para montar elementos en una torre de turbina eólica, por lo cual dichos elementos son parcial o completamente fijados a la torre de turbina eólica mediante fuerzas de atracción magnética y donde dichos elementos son acoplados a la torre de turbina eólica a través de unos medios de acoplamiento que tienen al menos un grado de libertad. Según la invención, un método que implica al menos un grado de libertad respecto al movimiento o desplazamiento mutuo facilita una mejor atracción magnética por los medios de fijación magnética a la base, es decir a la torre de turbina eólica, debido al hecho de que la distancia entre el (los) imán (es) que suministra(n) las fuerzas magnéticas necesarias para la fijación puede ser uniforme sobre al menos una parte del área, preferiblemente todas, de los imanes. En este aspecto debe observarse que la distribución no uniforme de la distancia desde el imán a la base magnética posiblemente reducirá la atracción magnética eficaz entre los medios de fijación y la base.

En una forma de realización de la invención, dichas fuerzas de atracción magnética son establecidas mediante interacción de materiales magnéticos permanentes con otros materiales magnéticos.

En una forma de realización de la invención, dichas fuerzas de atracción magnética son provistas por al menos un primer elemento que comprende medios de fijación magnética, por lo cual dichos elementos pueden ser fijados por lo menos a otro elemento mecánico que es acoplado mecánicamente a dicho primer

elemento mediante por lo menos un medio de acoplamiento, dicho medio de acoplamiento proporcionando al menos un grado de libertad entre dichos medios de fijación magnética y dicho al menos otro elemento.

En una forma de realización de la invención, dicho al menos un grado de libertad facilita una distribución óptima y uniforme de las fuerzas de atracción magnética entre los materiales magnéticos permanentes y la torre de turbina eólica.

En una forma de realización de la invención, al menos un grado de libertad es limitado a un determinado desplazamiento o inclinación mutua entre dicho al menos un primer elemento y dicho al menos otro elemento.

En una forma de realización de la invención, dichas fuerzas de atracción magnética son establecidas mediante materiales magnéticos permanentes que están comprendidos en una unidad de suspensión e interactúan con otros materiales magnéticos formando al menos una parte de una torre de turbina eólica.

En una forma de realización de la invención, dichas fuerzas de atracción magnética son complementadas por fijación mecánica en al menos una dirección.

En una forma de realización de la invención, dicha fijación mecánica en al menos una dirección es establecida por fijación mecánica a áreas de fijación, dichas áreas de fijación estando dispuestas a una distancia determinada una de la otra en dirección vertical de una torre de turbina eólica.

En una forma de realización de la invención, dicha fijación mecánica en al menos una dirección es establecida por fijación mecánica a áreas de fijación, dichas áreas de fijación estando dispuestas a una determinada distancia una de la otra en la dirección vertical de una torre de turbina eólica, dichas distancias constituyen aproximadamente la longitud vertical de una sección de la torre de turbina eólica.

En una forma de realización de la invención, dichas áreas de fijación comprenden rebordes adaptados para juntar secciones de la torre de turbina eólica.

En una forma de realización de la invención, los elementos comprenden escaleras o partes de escaleras.

En una forma de realización de la invención, los elementos comprenden cables o partes de cables.

En una forma de realización de la invención, los elementos comprenden medios de iluminación.

En una forma de realización de la invención, los elementos comprenden elementos requeridos en el interior de la torre de turbina eólica.

En una forma de realización de la invención, los elementos son suspendidos por lo menos mediante una unidad de suspensión de la torre de turbina eólica.

En una forma de realización de la invención, la unidad de suspensión de la torre de turbina eólica comprende medios de fijación magnética.

En una forma de realización de la invención, los medios de fijación magnética comprenden un material magnético permanente.

En una forma de realización de la invención, el material magnético permanente comprende imanes permanentes de neodimio.

En una forma de realización de la invención, el material magnético permanente comprende imanes permanentes de samario-cobalto.

En una forma de realización de la invención, la

unidad de suspensión de la torre de turbina eólica comprende medios de fijación mecánica.

En una forma de realización de la invención, la unidad de suspensión de la torre de turbina eólica comprende al menos una barrera que encapsula dichos medios de fijación magnética completa o parcialmente.

En una forma de realización de la invención, dicha barrera impide el paso de humedad a los medios magnéticos.

En una forma de realización de la invención, la unidad comprende medios para recibir fuerzas de atracción mecánica en al menos una primera dirección y medios para el establecimiento de fuerzas de atracción magnética en al menos otra dirección, dicha al menos otra dirección siendo sustancialmente transversal en relación a dicha al menos una primera dirección.

En una forma de realización de la invención, dicho al menos un grado de libertad es sustancialmente no paralelo a la dirección principal de dichas fuerzas de atracción magnética respecto al movimiento.

En una forma de realización de la invención, dicho al menos un grado de libertad es adaptado para absorber o amortiguar vibraciones inducidas en dicho al menos otro elemento.

Las figuras

La invención será ahora descrita en detalle con referencia a los dibujos, donde

Fig. 1 ilustra las propiedades de una forma de realización de la invención,

Fig. 2a ilustra una vista lateral de una unidad de suspensión magnética según una forma de realización de la invención,

Fig. 2b ilustra la unidad de suspensión de la fig. 1 a vista desde arriba,

Fig. 3a ilustra una vista en sección transversal de la unidad de suspensión magnética de la fig. 2a vista desde arriba,

Fig. 3b ilustra una vista lateral de la sección transversal de la unidad de suspensión magnética de la fig. 2a,

Fig. 3c ilustra una sección transversal de la suspensión magnética de la fig. 2a vista desde el final,

Fig. 4 ilustra la funcionalidad dinámica básica de la unidad de suspensión de la fig. 2a,

Fig. 5 ilustra una característica de suspensión de la fig. 2a.

Fig. 6 ilustra otra característica de la invención,

Fig. 7a-7f ilustran variantes diferentes de suspensión dentro del campo de la invención,

Fig. 8 ilustra otra forma de realización de la invención,

Fig. 9 ilustra las direcciones de la fuerza principal de una fijación aplicable según una forma de realización de la invención y

Fig. 10 ilustra las propiedades de materiales magnéticos permanentes.

Descripción detallada

Muchas turbinas eólicas grandes son suministradas con torres de acero tubular fabricadas en secciones de 20-30 metros con rebordes en ambas extremidades, y unidas juntas en el sitio. Las torres son cónicas (es decir el diámetro aumenta hacia la base) para aumentar resistencia y economizar materiales al mismo tiempo.

Los costes de producción de las torres de turbina eólica son relativamente altos comparados con los

costes de fabricación de la construcción de la turbina eólica completa. Además, estos costes aumentan proporcionalmente a la altura y especialmente si ésta excede alrededor de cincuenta metros. En consecuencia es bastante importante con respecto al coste final de la energía, construir torres lo más óptimamente posible.

La fig. 1 ilustra algunos principios básicos de una manera de realización de la invención. La suspensión de la torre de turbina eólica ilustrada comprende un primer elemento 11 acoplado a un elemento adicional 12 mediante unos medios de acoplamiento 13.

El primer elemento 11 comprende medios de fijación magnética 14, preferiblemente un imán permanente. El primer elemento 11 puede ser magnéticamente fijado a una base 15, en este caso una torre de turbina eólica. Otras estructuras mecánicas (no mostradas) pueden ser fijadas al elemento adicional 12, obteniendo de ese modo una fijación de estas estructuras a la base 15 a través de los medios de acoplamiento 13 y el primer elemento 11.

Los medios de acoplamiento 13 comprenden una estructura que permite un movimiento relativo en al menos un grado de libertad entre el primer elemento 11 y el elemento adicional 12. Los medios de acoplamiento pueden por ejemplo comprender elementos o combinaciones de elementos elásticos o flexibles, amortiguadores y masas. En otras palabras, el movimiento de la(s) estructura(s) mecánica(s) fijada(s) al elemento adicional puede ser absorbido mediante los medios de acoplamiento en al menos una dirección. Esta característica importante refuerza la fijación magnética del primer elemento a la base significativamente.

Cabe observar que los medios de acoplamiento pueden estar compuestos por un único medio de acoplamiento o pueden comprender diferentes elementos mutuamente acoplados. La forma de los medios de acoplamiento también puede variar significativamente y los elementos funcionales pueden ser distribuidos físicamente cerca a o a distancia del primer elemento. Asimismo, el primer elemento puede comprender una estructura mecánica única o por ejemplo comprender diferentes elementos distribuidos. El elemento adicional 12 puede comprender conexiones (no mostradas). Ejemplo de otras estructuras pueden, por ejemplo, comprender escaleras, armaduras ligeras, medios de fijación de cables, etc. Cuando el primer elemento 11 es fijado a la base 15 completamente o al menos parcialmente mediante fuerzas magnéticas, los medios de acoplamiento pueden proteger la fijación magnéticamente aplicada entre el primer elemento y la base. En particular, las partes débiles de la fijación pueden beneficiarse significativamente de los medios de acoplamiento insertados entre la fijación magnética proporcionada por el primer elemento y el elemento adicional, al cual se pueden conectar otras estructuras mecánicas. En otras palabras, los medios de acoplamiento 13 deberían ser diseñados de tal manera que el movimiento y/o las fuerzas precisadas para el elemento adicional 12 sean amortiguadas y/o absorbidas mediante el acoplamiento.

Como la suspensión de la torre de turbina eólica es aplicada para la fijación de determinadas estructuras necesarias o ventajosas a la torre de turbina eólica, es muy importante que el medio de acoplamiento sea diseñado para absorber o amortiguar movimientos o fuerzas inducidas a la suspensión, por ejemplo, cuando una persona sube por una escalera suspendida

según la invención, protegiendo o reforzando de ese modo la fijación deseada proporcionada por el primer elemento 11 descrito.

Otro tipo de carga indeseada que afloja potencialmente la fijación magnética es una carga más estática aplicada al primer elemento 11, cuando una estructura mecánica es ajustada al elemento 11.

Ambas cargas mencionadas arriba, una carga dinámica o estática, pueden suponer un aflojamiento completo de la fijación magnética a la torre de turbina eólica dando como resultado que el primer elemento se desconecte de la base y el efecto de ambos tipos de carga pueda ser eficazmente reducido o contrarrestado según las provisiones de la invención.

A continuación se describirán formas de realización diferentes de la invención que se ocupan especialmente de uno o ambos de los problemas descritos anteriormente.

La fig. 2a y 2b ilustran una suspensión híbrida que se ocupa de ambos problemas descritos anteriormente.

La fig. 2a ilustra una unidad de suspensión 20 vista desde arriba.

La forma de realización ilustrada y preferida de la invención comprende un cuerpo principal 21 que tiene una conexión 22 al cual se pueden conectar estructuras mecánicas.

La fig. 2b ilustra la suspensión vista lateralmente.

Las fig. 3a, 3b y 3c muestran secciones transversales de la suspensión 20 descrita anteriormente vista desde arriba, de lado y desde el final, respectivamente.

La fig. 3a ilustra una unidad de suspensión de torre de turbina eólica 20 que comprende un cuerpo principal 21 y un elemento o sección mecánicamente conectable 22 al cual se pueden fijar estructuras mecánicas por medio de la conexión adecuada.

Las dimensiones del cuerpo principal 21 de la unidad ilustrada pueden ser, por ejemplo, aproximadamente 200 mm x 50 mm x 25 mm y el peso puede ser aproximadamente 1/2 kilogramo.

La unidad comprende dos imanes 24, 25. Los imanes son imanes permanentes. Evidentemente, según la invención, los imanes pueden comprender casi cualquier número de imanes agrupados y dispuestos de manera adecuada según los principios globales del diseño.

Las características del (de los) imán(es) se describirán con detalle posteriormente.

Los imanes 24, 25 son encapsulados por un material de barrera 23 de, por ejemplo, caucho. Ventajosamente, el material de barrera debería proporcionar un coeficiente de fricción relativamente alto, maximizando de ese modo las fuerzas transversales conservativas entre la unidad y la superficie interna de la torre cuando la unidad es fijada a una superficie interna por fuerza magnética en la dirección usual, aquí principalmente expresadas como fuerzas normales.

El material de barrera protege al imán de la humedad y el polvo, previniendo de ese modo la corrosión u otra degradación física del imán. Además, un elemento o sección mecánicamente conectable 22 es fijado al cuerpo principal de la unidad 20 a través de un acoplamiento según la invención. En la presente solicitud, el imán y el elemento o sección 22 se extienden al exterior de la unidad y forman un perno, por ejemplo, M10 x 30, al final. El perno 22 puede ser conectado a una tuerca adecuada, proveyendo de ese modo fijación de una conexión adecuada a la uni-

dad. Debe observarse que la parte inferior del sello de caucho es bastante delgada para obtener la fuerza de atracción más fuerte posible.

La unidad de suspensión ilustrada 20 comprende una cubierta de acero 250 en forma de U dispuesta para estar en contacto galvánico con los imanes permanentes 24, 25, por ejemplo, neodimio. El ensamblaje completo, con excepción de la conexión 22, es encapsulado dentro de una barrera como se ha descrito anteriormente, suministrando de ese modo un espacio hermético e impermeable alrededor del imán 24, 25 una vez montado. La forma de U del imán proporciona un medio de acoplamiento magnético mejorado para la superficie subyacente. Además, la forma de U constituye una estructura muy ventajosa para mantener los imanes juntos en una unidad sólida. Evidentemente, se pueden aplicar otros tipos estándares de configuración de imanes dentro del campo de la invención.

La conexión 22, un perno, forma parte de una estructura de la base que comprende una parte de base 26 que comprende una parte final 27. La parte de la base 26 es anclada dentro del cuerpo 21 de la unidad de suspensión en un material flexible 28, por ejemplo, caucho. La parte de la base 22 es anclada en la cubierta de acero con forma de U y sobresaliendo a través de la cubierta a través de una abertura 29.

Con los términos introducidos en la fig. 1, el cuerpo principal sellado 21 y los imanes 24, 25 comprenden el primer elemento 11, la estructura rígida comprendiendo el perno 22, la parte de la base 26 y la parte final 27 comprendiendo el elemento adicional 12 y el material flexible 28 forma los medios de acoplamiento 13.

En resumidas cuentas, la forma de realización ilustrada de la invención facilita un cierto grado de libertad respecto al movimiento del perno 22 en diferentes direcciones, limitado por la naturaleza del material flexible 28 y la organización geométrica del elemento adicional que comprende el perno 22, la parte de base 26 y la parte final 27 dentro del cuerpo principal 21.

A continuación se describirán las naturalezas diferentes de estos movimientos y las propiedades respecto a la absorción/amortiguación de impulsos y transmisiones.

La fig. 4 ilustra la funcionalidad dinámica básica de la unidad de suspensión ya descrita de la fig. 2a y la fig. 3c.

La sección transversal ilustrada en la fig. 4 corresponde a la sección transversal ilustrada en la fig. 3c.

La estructura rígida que forma el elemento adicional 22, 26, 27 se mueve en diferentes direcciones debido a la elasticidad de los medios de acoplamiento flexible 28 con respecto al primer elemento 23, 250, por ejemplo, cuando el elemento es fijado magnéticamente a una base (no mostrada). Cabe observar que el primer elemento, obviamente, puede ser ligeramente móvil con respecto a la base, debido a la elasticidad de la encapsulación que forma el área de contacto entre el primer elemento 22, 26, 27 y la base.

El medio de acoplamiento flexible 28 permite cierto grado de libertad respecto al movimiento del elemento adicional, especialmente en la dirección d1 paralela con dirección al eje del elemento adicional 22, 26, 27. El movimiento en la dirección d1 es restringido externamente, es decir, fuera de la base (ilustrado como 15 en la fig. 1) por la parte con forma de U del

cuerpo principal 250 en combinación con la parte final 27 de la base 26. Hacia el interior, el movimiento en la dirección d1 es restringido por la parte final 27 cuando la unidad es instalada a una pared de una torre de turbina eólica.

Además, el elemento adicional ilustrado se mueve en una dirección d2 permitiendo algo de desplazamiento rotacional entre el primer elemento 250, 23 y el elemento adicional 22, 26, 27.

También se obtiene algo de libertad en una dirección d3 sustancialmente transversal al eje A.

También se obtiene algo de libertad en una dirección (no mostrada) definiendo una rotación alrededor del eje A.

En resumen, el diseño debería facilitar cierto grado de libertad respecto al movimiento del elemento adicional 22, 26, 27 mientras se mantiene A para una fijación fuerte entre el primer elemento 250, 23 y la base a la cual está unido, entre el elemento adicional 22, 26, 27 y el primer elemento 250, 23 y entre el elemento 22, 26, 27 y la estructura mecánica acoplada a ello.

Evidentemente, las suspensiones según la invención pueden definir otras combinaciones diferentes de grado de libertad.

Una pequeña inclinación es a menudo inducida estáticamente en la dirección ilustrada d2 (o en una de las otras direcciones) cuando una estructura mecánica es conectada a la suspensión. El elemento adicional 22, 26, 27 debería ser capaz de realizar un desplazamiento durante tal ajuste y más o menos permanecer en esa posición durante el resto de su vida útil. Preferiblemente, la adaptación estática de suspensión al posicionamiento relativo permanente del primer elemento y del adicional debería también absorber o adaptarse a las vibraciones dinámicas, por ejemplo, en forma de transmisiones o impulsos inducidos durante el uso de la suspensión, por ejemplo, invocados cuando una persona está subiendo una escalera suspendida a la torre de turbina eólica completa o parcialmente por la suspensión.

La fig. 5 ilustra características adicionales de la suspensión de la fig. 2a.

Como se ha mencionado, el elemento adicional comprendido por los elementos 22, 26, 27 debería estar suficientemente anclado al primer elemento 250, 23 para evitar que el elemento adicional sea liberado por los medios de acoplamiento.

Debido a la estructura relativamente débil de los medios de acoplamiento flexible ilustrados, el anclaje es fijado como se describe a continuación.

Básicamente, como se ha mencionado, la parte posterior del elemento adicional, es decir, la parte final 27, asegura que el elemento adicional no sea desplazado más allá de lo que la superficie de la base 15 permite, cuando se aplica una presión alta hacia la base a través del primer elemento 250, 23.

Asimismo, como se ha mencionado anteriormente, la parte posterior del elemento adicional, es decir, la parte final 27, asegura que las fuerzas de tracción no tiren del elemento adicional hacia fuera del cuerpo principal. Esto se asegura, como está ilustrado en la fig. 5, dejando a la extensión D2 de la parte final 27 ser superior a la extensión D1 de la abertura 29 formada en el cuerpo principal.

Otra característica de la suspensión de la fig. 5 es ilustrada por el hecho de que la distancia 11, es decir, el espesor del material flexible en lo alto de la parte de

la base 26 es más pequeña que la distancia 12 entre la parte del extremo 27 y la parte inferior del elemento de acero con forma de U.

Esta característica minimiza el riesgo de que una estructura mecánica (no mostrada) pueda ser conectada al perno 22 por fuerzas fuertes de conexión sin restringir la movilidad del elemento adicional dentro del cuerpo principal del primer elemento.

La distancia 12 de la forma de realización ilustrada debe ser suficientemente grande para asegurar que el grado deseado de desplazamiento pueda ser obtenido.

La fig. 6 ilustra otra forma de realización, vista desde arriba.

La porción final 27 del elemento adicional es geoméricamente formada y situada en un andamio adaptado a ella en el cuerpo principal 21 de suspensión de modo que la porción final restrinja la libertad de rotación del elemento adicional a lo largo de su eje en la dirección d4. Esto es importante si la parte superior del elemento adicional 12 comprende un perno 22 para que una tuerca (no mostrada) puede ser fijada por movimiento rotacional relativo. Evidentemente, los medios de acoplamiento 28 según la invención deberían ser lo suficientemente fuertes para restringir o contrarrestar tales fuerzas.

Las fig. 7a a 7f ilustran variantes diferentes de suspensión dentro del campo de la invención.

Todos los cuerpos principales de la unidad de suspensión abajo descrita o disposiciones comprenden medios de fijación magnética.

La fig. 7a ilustra una suspensión simple en forma de caja según la invención. La forma de realización ilustrada tiene cuatro agujeros roscados 71, cada uno estando suspendido en el cuerpo principal, para permitir al menos un grado de libertad respecto al movimiento.

La fig. 7b ilustra otra suspensión de un punto que comprende un perno 72 suspendido mediante unos medios de acoplamiento al cuerpo principal de suspensión.

La fig. 7c ilustra otro punto de dos suspensiones compuestas de dos pernos 73 suspendidos mediante unos medios de acoplamiento al cuerpo principal de la unidad de suspensión. El cuerpo principal es redondeado para caber en la superficie interna de una torre de turbina eólica. La suspensión es ilustrada con dos conexiones para la escalera (en línea de puntos).

La fig. 7d ilustra otra suspensión de un punto. La suspensión ilustrada es ligeramente redondeada para un ajuste más preciso a un torre de turbina eólica, cuando se ajusta.

La fig. 7e ilustra otra suspensión de un punto. La suspensión ilustrada comprende un cuerpo principal con un brazo 75 articulado en un extremo final de la unidad de suspensión y al otro extremo facilitando una fijación rígida para estructuras mecánicas. El brazo 75 comprende un resorte/amortiguador integral que forma el acoplamiento entre el primer elemento y el adicional según la invención.

La fig. 7f ilustra otra suspensión de un punto según una forma de realización de la invención. La forma de realización ilustrada puede comprender básicamente un cuerpo principal como se describe en la fig. 2a y en las figuras siguientes montado sobre un soporte de base 76. El soporte de base reduce la tensión en la atracción magnética entre la suspensión y la base cuando las direcciones de las fuerzas están orientadas

en la dirección de las fuerzas normales (normal: con respecto al soporte de base).

La fig. 8 ilustra otra forma de realización de la invención.

La forma de realización ilustrada comprende una disposición que es principalmente adaptada para reducir tensión estática indeseada y la fijación magnética inducida debido a una ligera desalineación o inadaptación geométrica entre el primer cuerpo principal de suspensión y las estructuras destinadas a fijarse a la suspensión. La forma de realización ilustrada de la invención comprende un cuerpo principal, por ejemplo, sustancialmente como se describe en la fig. 2a o unas de las otras formas de realización descritas en las fig. 7a-7f, donde otro elemento 12 es encapsulado para la rotación mediante una junta convencional de rótula. El elemento adicional comprende un cuerpo esférico 81 sujetado en un asiento 83 y rígidamente acoplado con una proyección 82. Las estructuras mecánicas pueden ser conectadas a la proyección 82.

Si una estructura mecánica es conectada a la suspensión, el elemento adicional automáticamente será alineado para conformar la orientación de la conexión o las estructuras mecánicas que deben ser conectadas a la proyección 82. De esta manera se evitará la inducción estática indeseada de fuerzas rotacionales en el cuerpo principal. Los medios de acoplamiento según la invención son aquí formados por el mutuo ajuste geométrico entre el primer elemento y el adicional.

Las figs. 9a y 9b ilustran dos fuerzas principales de dirección F_v y F_N que actúan en una unidad de suspensión 90 en una fijación según una forma de realización de la invención.

La fijación vertical debe contrarrestar las fuerzas verticales F_v en la estructura. Las fuerzas verticales para ser contrarrestadas pueden, por ejemplo, normalmente originarse por la gravedad. Según la invención, tales fuerzas pueden ser contrarrestadas tanto mediante fuerzas mecánicas como por fuerzas magnéticamente establecidas entre la suspensión y la torre de turbina eólica. Cuando se trata con estructuras pesadas suspendidas, una aplicación típica dentro del campo de la invención implica la fijación mecánica tradicional en la dirección vertical, por ejemplo, respecto a las escaleras, etc.

Las fuerzas normales F_N que actúan en la unidad de suspensión 90 pueden según la invención ser preferiblemente contrarrestadas mediante atracción magnética. La atracción magnética en la dirección de la fuerza normal puede ser (numéricamente) aprovechada adicionalmente si se aplican elementos de fricción entre la unidad de suspensión 90 y la correspondiente parte magnética de la torre. Por lo tanto, según las relaciones conocidas entre la fuerza normal F_N y las fricciones, se establece fuerza transversal para contrarrestar, por ejemplo, movimientos rotacionales (movimiento tangencial t_m) de, por ejemplo, una plataforma o una suspensión de escalera.

La fig. 10 ilustra algunas propiedades de diferentes materiales permanentemente magnéticos.

El diagrama ilustra el comportamiento de seis grupos de materiales magnéticos, G1 a G6 a una temperatura de aproximadamente 20 grados Celsius. El eje x representa H_cJ (coercitividad [kA/m]) y el eje y representa el producto de energía máxima $|BH|_{\max}$ [kJ/m³], donde $|BH|_{\max}$ representa el potencial de energía del material, mientras que H_cJ representa la capacidad del material para resistir campos desmagnetizados.

El grupo G1 comprende a los llamados imanes de neodimio, NdFeB. Los imanes de neodimio son unos de los imanes permanentes más potentes en el mercado.

Los grupos G2 y G3 comprenden imanes de SmCo caracterizados por un alto grado de estabilidad respecto a la variación de temperatura. El grupo G2 se refiere a Sm_2Co_{17} y el grupo G3 se refiere a $SmCo_5$.

El grupo G4 se refiere a un grupo de los denominados imanes bajos H_c - Sm_xCo_y , Sm_2Co_{17} .

El grupo G5 comprende un grupo de imanes de material de neodimio ligado a plástico NdFeB.

Finalmente, el grupo G6 comprende materiales magnéticos más tradicionales como aleación de aluminio, níquel y cobalto y materiales de FeSr/FeBa.

Diferentes materiales magnéticos pueden ser aplicados en una unidad de suspensión según la invención.

Según una forma predilecta de realización de la invención, los materiales permanentemente magnéticos aplicados son principalmente seleccionados de materiales que representan un potencial alto de energía $|BH|_{\max}$. Por lo tanto, según una forma preferida de realización de la invención, los materiales son elegidos del grupo G1, es decir, de imanes de neodimio.

Evidentemente, si por ejemplo las variaciones de temperatura se vuelven críticas, se pueden preferir los imanes de samario-cobalto.

Según la invención, las unidades de suspensión pueden, por ejemplo, ser combinadas con unidades que tengan imanes de distintos grupos, creando de ese modo algo de redundancia.

La fig. 11 ilustra uno de los diferentes tipos aplicables de medios de acoplamiento entre el primer elemento 11 y otro elemento 12 dentro del campo de la invención.

Según la forma de realización ilustrada, el primer elemento 11 (como se describe en la fig. 1) es magnética y rígidamente fijado a una base. El elemento adicional 12 es acoplado al primer elemento 11 mediante unos medios de acoplamiento 13 que comprenden unos amortiguadores 110 y un elemento elástico 111 en paralelo. Muchas otras configuraciones de sistemas de masa/amortiguación/resorte pueden formar los medios de acoplamiento según la invención. Las formas de realización arriba ilustradas no deberían ser consideradas como las únicas formas aplicables de realización. Otras formas diferentes de realización pueden ser aplicadas dentro del campo de la invención tal y como se define en las reivindicaciones anexas.

La fig. 12 ilustra una forma de realización ventajosa de la invención.

La figura ilustra una sección transversal de una sección de la torre de turbina eólica 131. Según la forma de realización ilustrada, una escalera 113 es fijada a la superficie interna 30 de la sección de la torre de turbina eólica 13. La escalera es suspendida a la sección de la torre en dos suspensiones, una suspensión superior mecánica 31 y una suspensión inferior mecánica 32.

Mediante la fijación con pernos, soldadura, etc se puede, por ejemplo, obtener la suspensión de la escalera a la torre. Además la escalera es suspendida en la torre mediante un número de unidades de suspensión 20 de la turbina eólica, ejemplo ilustrado en la fig. 2a y fig.8, o derivados de los mismos.

Las unidades 20 son fijadas a la superficie interna mediante fuerzas magnéticas establecidas por los

imanes de las unidades 20, y la escalera puede ser fijada a las unidades 20, por ejemplo, mediante las conexiones 22 de las unidades 20.

Básicamente, puede apreciarse que la fijación principal en la dirección vertical se obtiene mediante fijación mecánica del punto extremo a la torre, el reborde superior 132 y el reborde inferior 131 de la sección de la torre 31, mientras la fijación transversal (es decir la no vertical) es obtenida magnéticamente mediante las unidades 20.

Según la forma de realización ilustrada la tensión vertical mecánica es principalmente creada por fijación mecánica tradicional a la torre, por ejemplo, por soldadura y/o fijación con pernos, mientras la fijación de la escalera 31 es principalmente obtenida por fijación magnética a la superficie interna 30 de la sección 13 de la torre.

La distancia entre las unidades de suspensión 20 en la dirección vertical puede, por ejemplo, ser entre 0,5 metros y 4 metros dependiendo de los requisitos para la fijación. Una distancia preferida vertical es entre 1,5 a 2,3 metros. Evidentemente, se puede aplicar una unidad de suspensión según la invención para la fijación de otros componentes interiores distintos a la escalera ilustrada.

Según otra forma de realización de la invención, una construcción de la escalera puede, por ejemplo, ser fijada a la torre por las provisiones descritas anteriormente y los componentes interiores adicionales tales como lámparas, cables de potencia, generadores, etc. pueden ser luego fijados a la construcción de la escalera por fijación tradicional, soldadura, fijación con pernos etc.

Hoy, la mayoría de las torres de turbina eólica son torres cónicas de acero tubular. Normalmente, el peso de la torre es de 40 toneladas métricas para una torre de 50 m para una turbina con 44 m de diámetro de rotor (por ejemplo una turbina eólica de 600 kW), y 80 toneladas métricas para una torre de 60 metros para un rotor de 72m de diámetro (p. ej. una turbina eólica de 2000 kW). La torre ilustrada puede, por ejemplo, ser una torre de 80 (ochenta) toneladas métricas. Los diámetros inferiores y superiores pueden, por ejemplo, ser aproximadamente de 4,2 metros y 2,3 metros, respectivamente. Cabe enfatizar que la torre de turbina eólica ilustrada y la elección de dimensiones ilustrada no deberían ser consideradas como una restricción de la invención a la torre ilustrada.

Una plataforma dentro de una torre de turbina eólica puede, por ejemplo, ser unida a la parte final de las torres, por ejemplo, rebordes, mediante cables fijados a la plataforma en el extremo inferior y a los rebordes en el extremo superior. Así, verticalmente, la plataforma es mecánicamente fijada al reborde y pende de los cables, mientras que la plataforma comprende unidades de suspensión permanentemente magnéticas que proveen la fijación de la plataforma respecto a las fuerzas de excitación no verticales de la plataforma.

REIVINDICACIONES

1. Disposición de suspensión para torre de turbina eólica que comprende al menos un primer elemento compuesto de medios de fijación magnética (11, 24, 25) y al menos otro elemento mecánico (12) estando mecánicamente acoplado a dicho primer elemento (11) mediante por lo menos un medio de acoplamiento (13), dicho medio de acoplamiento (13) suministrando al menos un grado de libertad entre dichos medios de fijación magnética (11) y dicho al menos otro elemento (12), cuando dicho al menos un primer elemento (11) es magnéticamente fijado a dicha torre de turbina eólica.

2. Disposición de suspensión para torre de turbina eólica según la reivindicación 1, donde al menos un grado de libertad es sustancialmente fijado.

3. Disposición de suspensión para torre de turbina eólica según la reivindicación 1 ó 2, donde dichos medios de acoplamiento (13) comprenden al menos de una conexión articulada.

4. Disposición de suspensión para torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, donde dichos medios de acoplamiento (13) comprenden medios de absorción de la vibración.

5. Disposición de suspensión para torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, donde dichos medios de absorción de la vibración comprenden al menos un elemento elástico (111).

6. Disposición de suspensión para torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, donde dichos medios de absorción de la vibración comprenden al menos una masa.

7. Disposición de suspensión para torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, donde dichos medios de absorción de la vibración comprenden al menos un amortiguador (110).

8. Disposición de suspensión para torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, donde dicho primer elemento (11), dichos medios de acoplamiento (13) y dicho elemento adicional (12) forman una única unidad de suspensión (20).

9. Disposición de suspensión para torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, donde dicha unidad de suspensión comprende una conexión (22, 71, 82).

10. Disposición de suspensión para torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-9, donde dichos medios de la fijación magnética (24) comprenden un material magnético permanente.

11. Disposición de suspensión para torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-10, donde dicho material magnético permanente comprende imanes permanentes de neodimio.

12. Disposición de suspensión para torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-11, donde dicho material magnético permanente comprende imanes de samario-cobalto permanentes.

13. Disposición de suspensión para torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-12, donde dicha disposición de suspensión para torre de turbina eólica (11, 12, 13) comprende al menos una barrera (23) que encapsula dichos medios de la fijación magnética (24, 25) completa o parcialmente.

14. Disposición de suspensión para torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-13, donde dicha disposición de suspensión para torre de turbina eólica (11, 12, 13) y donde dicha barrera

(23) impide el paso de humedad a los medios magnéticos (24).

15. Disposición de suspensión para torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-14, donde dicha disposición de suspensión para torre de turbina eólica (11, 12, 13) comprende medios para recibir fuerzas de atracción mecánica en al menos una primera dirección (d3) y medios para el establecimiento de fuerzas de atracción magnética en al menos otra dirección (d1), dicha al menos otra dirección (d1) siendo sustancialmente transversal en relación a dicha al menos una primera dirección.

16. Disposición de suspensión para torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-15, donde dicha disposición de suspensión para torre de turbina eólica (11, 12, 13) comprende medios de fijación de escalera.

17. Disposición de suspensión para torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-16, donde dicha disposición de suspensión para torre de turbina eólica (11, 12, 13) comprende medios de fijación de plataforma.

18. Disposición de suspensión para torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-17, donde dicha disposición de suspensión para torre de turbina eólica (11, 12, 13) comprende medios de fijación de cableado.

19. Disposición de suspensión para torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1-18, donde dicha disposición de suspensión para torre de turbina eólica (11, 12, 13) comprende medios de iluminación.

20. Método para montar elementos en una torre de turbina eólica (10, 11, 12, 13, 14), por el cual dichos elementos son parcialmente o completamente fijados a la torre de turbina eólica (10, 11, 12, 13, 14) mediante fuerzas de atracción magnética y donde dichos elementos son acoplados a la torre de turbina eólica a través de unos medios de acoplamiento con al menos un grado de libertad.

21. Método para montar elementos en una torre de turbina eólica según la reivindicación 20, por el cual dichas fuerzas de atracción magnética son establecidas mediante interacción de materiales magnéticos permanentes con otros materiales magnéticos.

22. Método para montar elementos en una torre de turbina eólica según la reivindicación 20 ó 21, por el cual dicha fuerza de atracción magnética es provista por al menos un primer elemento compuesto de medios de fijación magnética (11, 24, 25), por el cual dichos elementos pueden ser conectados a por lo menos otro elemento mecánico (12) siendo acoplado mecánicamente a dicho primer elemento (11) mediante por lo menos unos medios de acoplamiento (13) y donde dichos medios de acoplamiento (13) suministran al menos un grado de libertad entre dichos medios de fijación magnética (11) y dicho al menos otro elemento (12).

23. Método para montar elementos en una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 20-22, por el cual dicho al menos un grado de libertad facilita una distribución óptima y uniforme de las fuerzas de atracción magnética entre los materiales magnéticos permanentes y la torre de turbina eólica.

24. Método para montar elementos en una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 20-23, por el cual el al menos un grado de libertad es limitado a un desplazamiento determinado

mutuo o inclinación entre dicho al menos un primer elemento (11) y dicho al menos otro elemento (12).

25. Método para montar elementos en una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 20-24, por el cual dichas fuerzas de atracción magnética son establecidas mediante materiales magnéticos permanentes que son comprendidos en una unidad de suspensión (20, 60) e interactuando con otros materiales magnéticos formando al menos una parte de una torre de turbina eólica.

26. Método para montar elementos en una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 20-25, por el cual dichas fuerzas de atracción magnética son complementadas por fijación mecánica en al menos una dirección.

27. Método para montar elementos en una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 20-26, por el cual dicha fijación mecánica en al menos una dirección es establecida por fijación mecánica a áreas de fijación (31, 32), dichas áreas de fijación estando dispuestas a una distancia determinada una de la otra en la dirección vertical de una torre de turbina eólica.

28. Método para montar elementos en una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 20-27, por el cual dicha fijación mecánica en al menos una dirección es establecida por fijación mecánica a áreas de fijación (31, 32), dichas áreas de fijación siendo dispuestas a una distancia determinada una de la otra en la dirección vertical de una torre de turbina eólica, dichas distancias constituyendo aproximadamente la longitud vertical de una sección de torre de turbina eólica (11, 12, 13, 14).

29. Método para montar elementos en una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 20-28, por el cual dichas áreas de fijación comprenden rebordes (131, 142) adaptados para juntar las secciones de la torre de turbina eólica (11, 12, 13, 14).

30. Método para montar elementos en una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 20-29, por el cual dichos elementos comprenden escaleras o partes de escaleras.

31. Método para montar elementos en una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 20-30, por el cual dichos elementos comprenden cables o partes de cables.

32. Método para montar elementos en una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 20-31, por el cual dichos elementos comprenden medios de iluminación.

33. Método para montar elementos en una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 20-32, por el cual dichos elementos comprenden elementos requeridos en el interior de la torre de turbina eólica.

34. Método para montar elementos en una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 20-33, por el cual dichos elementos son suspendidos mediante por lo menos una unidad de suspensión de la torre de turbina eólica (20, 60).

35. Método para montar elementos en una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 20-34, por el cual dicha unidad de suspensión de la torre de turbina eólica (20, 60) comprende medios de fijación magnética (24).

36. Método para montar elementos en una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 20-35, por el cual dichos medios de fijación magnética. (24) comprenden un material magnético permanente.

37. Método para montar elementos en una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 20-36, por el cual dicha unidad de suspensión de la torre de turbina eólica (20) comprende al menos una barrera (23) encapsulando dichos medios de fijación magnética (24) completa o parcialmente.

38. Método para montar elementos en una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 20-37, por el cual dicha barrera (23) impide el paso de humedad a los medios magnéticos (24).

39. Método para montar elementos en una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 20-38, por el cual dicha unidad comprende medios para recibir fuerzas de atracción mecánica en al menos una primera dirección y medios para el establecimiento de fuerzas de atracción magnética en al menos otra dirección, dicha al menos otra dirección siendo sustancialmente transversal en relación a dicha al menos una primera dirección.

40. Método para montar elementos en una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 20-39, por el cual dicho al menos un grado de libertad es sustancialmente no paralela a la dirección principal de dichas fuerzas de atracción magnética respecto al movimiento.

41. Método para montar elementos en una torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 20-40, por el cual dicho al menos un grado de libertad es adaptado para absorber o amortiguar vibraciones inducidas en dicho al menos otro elemento.

55

60

65

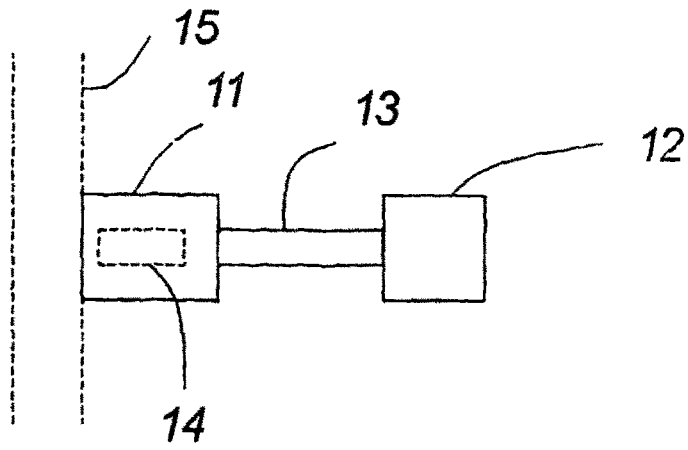


Fig. 1

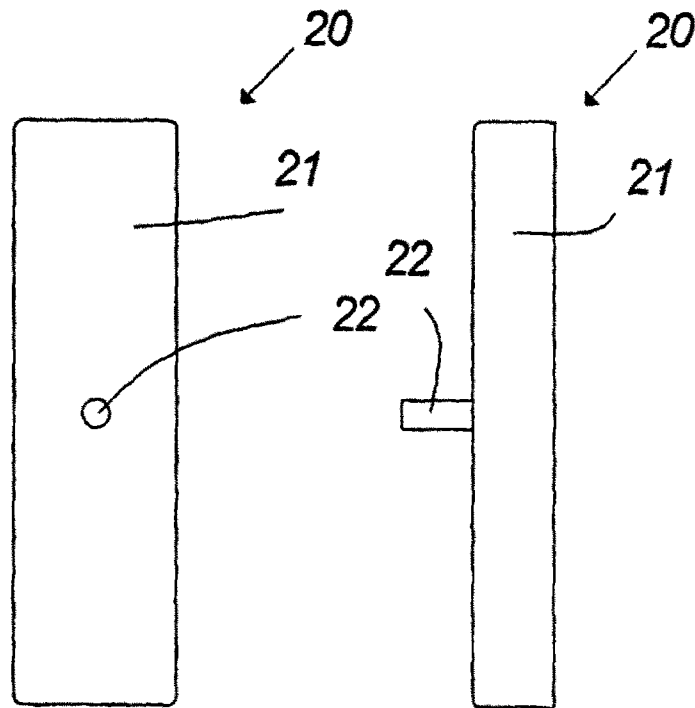
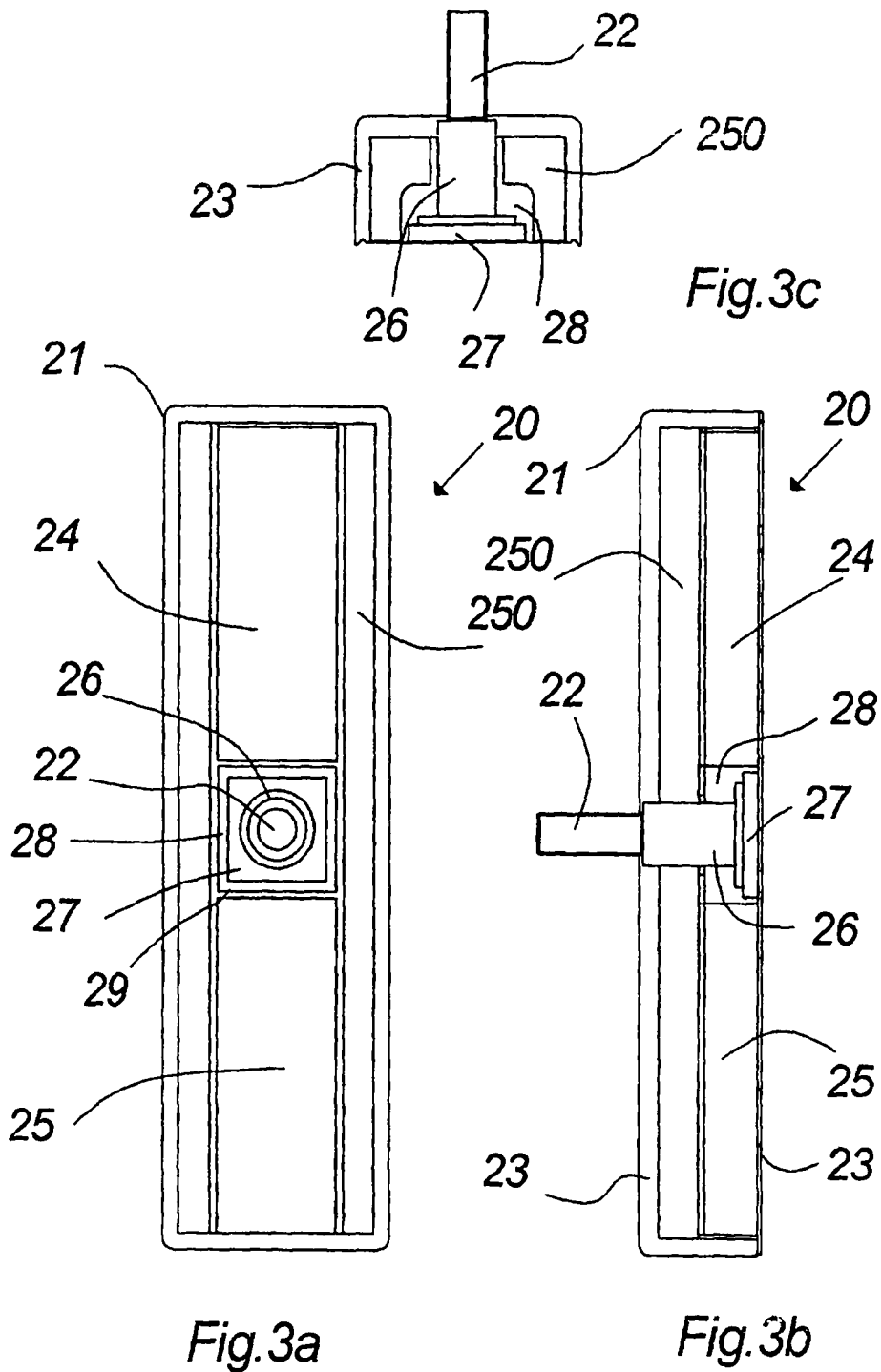
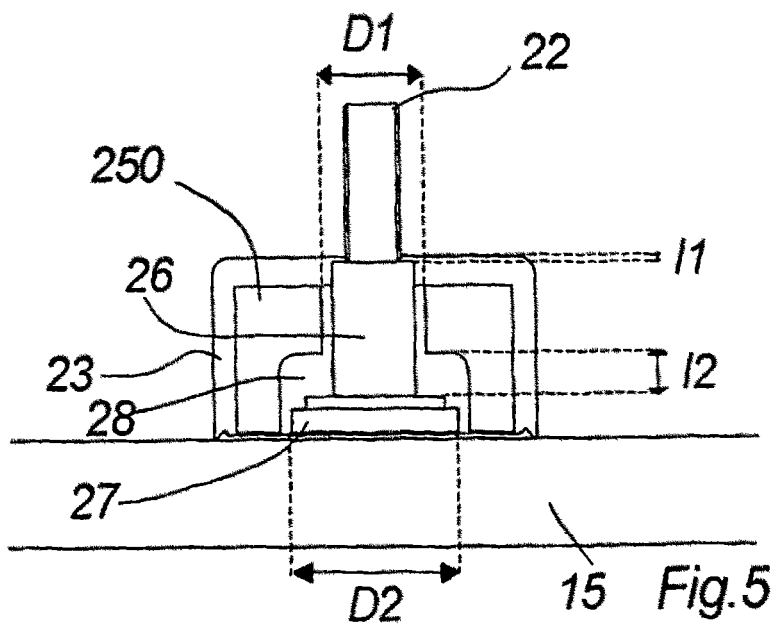
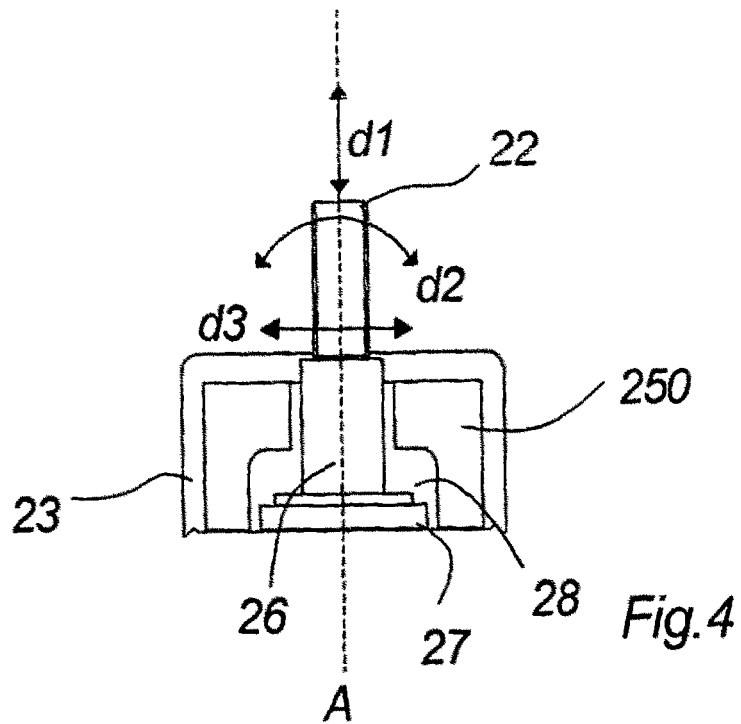


Fig. 2a

Fig. 2b





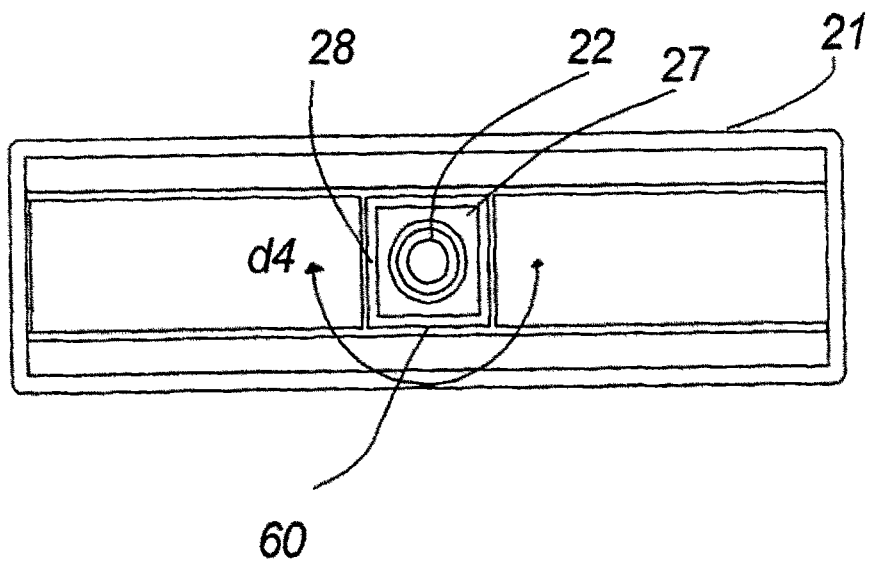


Fig.6

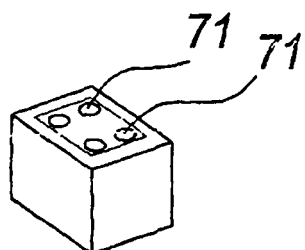


Fig. 7a

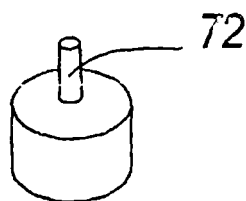


Fig. 7b

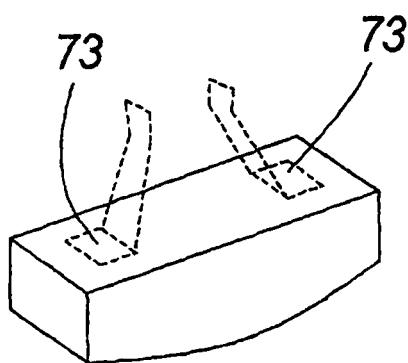


Fig. 7c

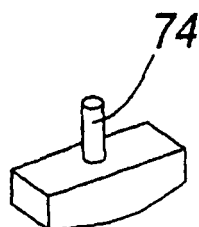


Fig. 7d

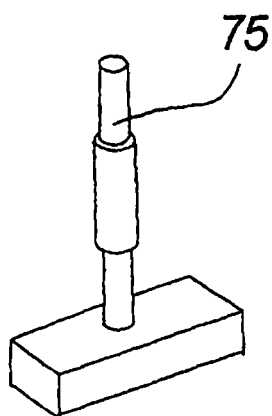


Fig. 7e

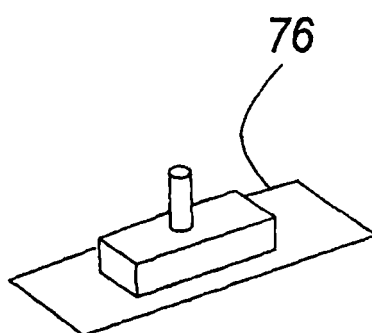


Fig. 7f

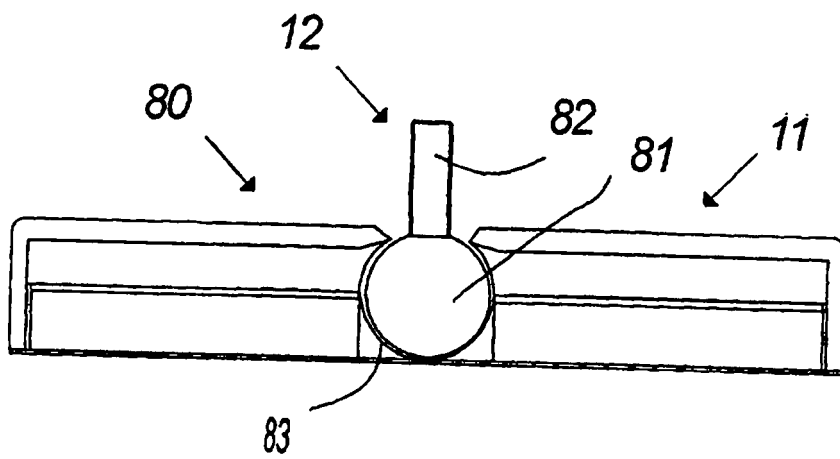


Fig. 8

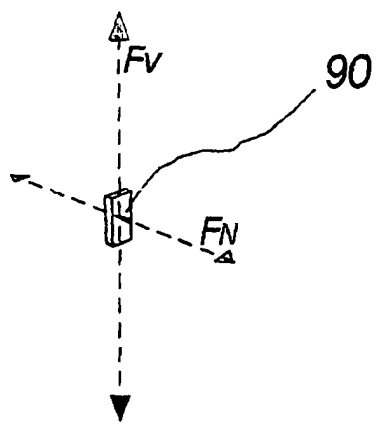


Fig. 9a

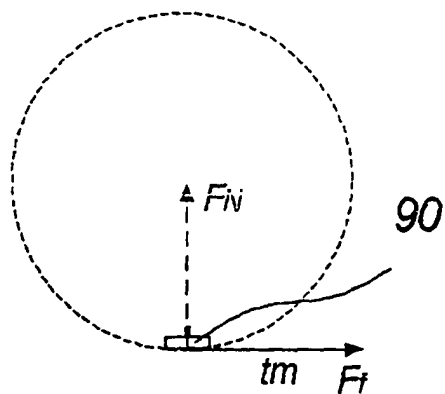


Fig. 9b

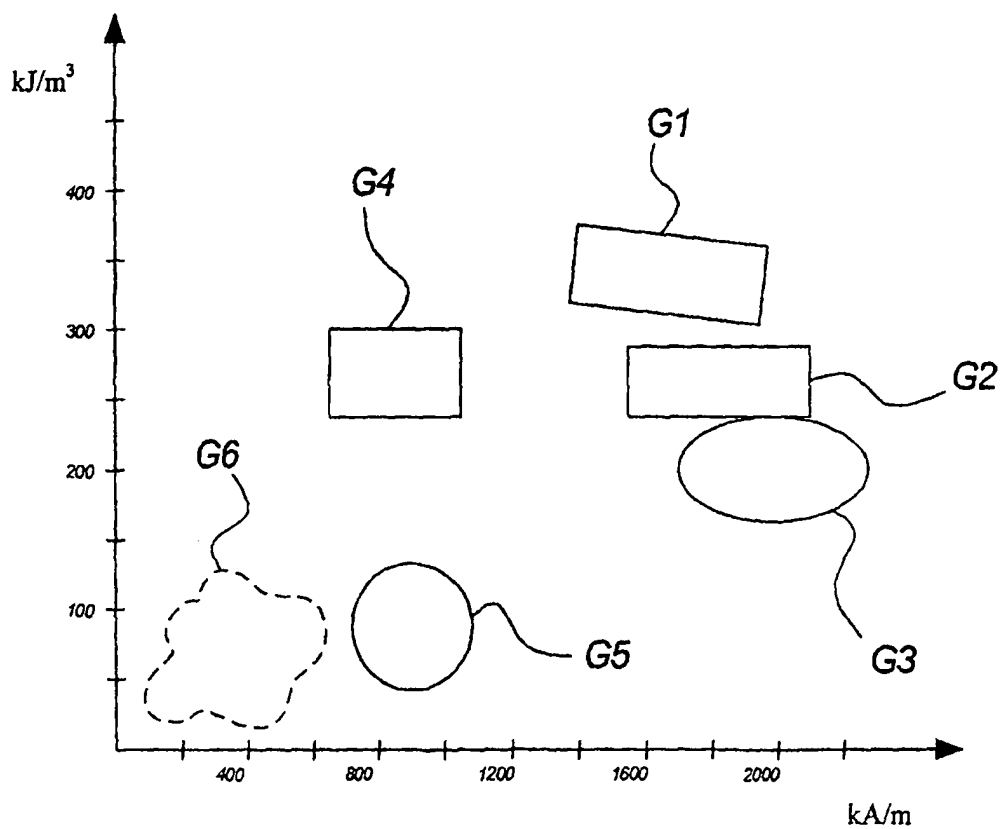


Fig. 10

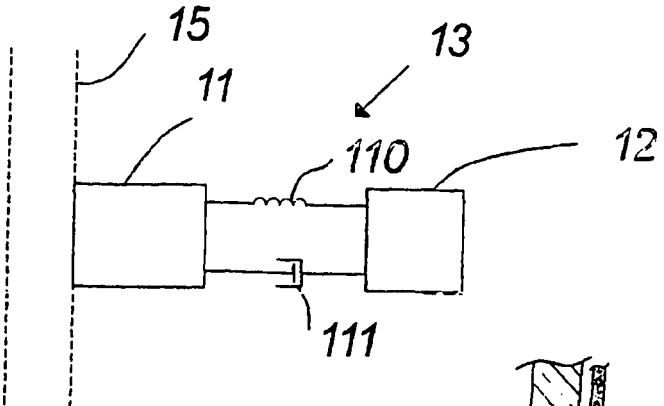


Fig. 11

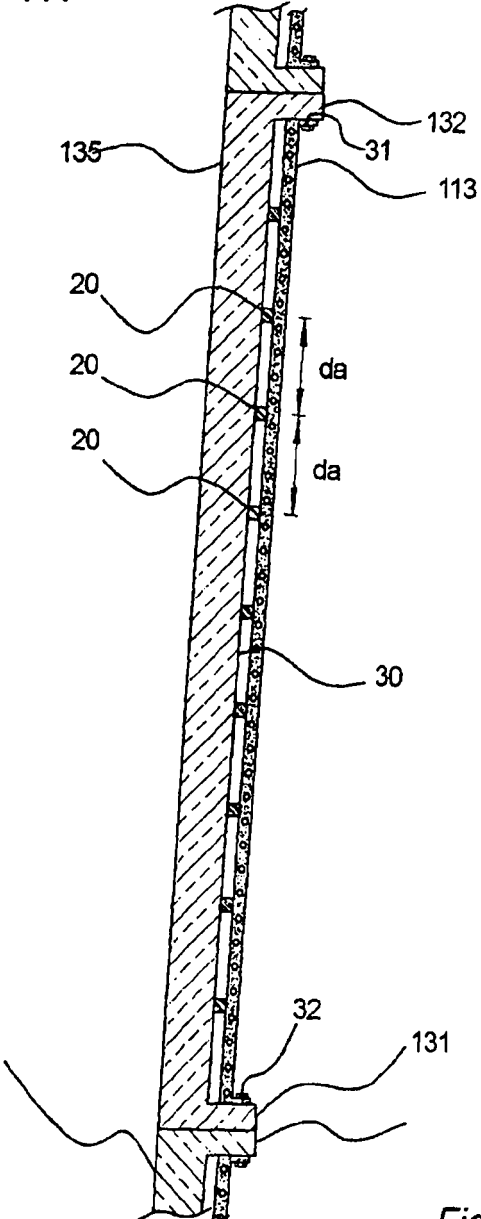


Fig. 12