

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 499 030**

51 Int. Cl.:

F03D 11/00 (2006.01)

F16C 17/03 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.09.2009** **E 09783450 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.06.2014** **EP 2452070**

54 Título: **Cojinete principal de turbina eólica**

30 Prioridad:

10.07.2009 US 224525 P

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

26.09.2014

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**GUERENBOURG, PIERRE-ANTOINE;
NEW, NIGEL;
STEGE, JASON y
THOMSEN, KIM**

74 Agente/Representante:

GAUGER, Ralph

ES 2 499 030 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).

COJINETE PRINCIPAL DE TURBINA EÓLICA**DESCRIPCIÓN****5 Campo de la invención**

La invención describe un cojinete principal de turbina eólica. La invención describe además una turbina eólica con un cojinete principal de turbina eólica y un método para realizar el mantenimiento en una turbina eólica.

10 Antecedentes de la invención

Las turbinas eólicas usadas en convertidores de energía eólica (también denominados aerogeneradores) para la producción de energía eléctrica hacen una contribución valiosa a la obtención de energía a partir de fuentes renovables. Los convertidores de energía eólica pueden ser terrestres, es decir con base en tierra, o marinos, es decir contruidos en una zona costera. Las turbinas marinas superan en rendimiento a las turbinas eólicas terrestres, puesto que en el mar prevalecen generalmente condiciones ventosas, mientras que, dependiendo de su ubicación, las turbinas eólicas con base en tierra pueden estar sujetas a periodos prolongados de poco viento y, por tanto, a una salida de potencia relativamente menor. Por este motivo, están construyéndose números crecientes de turbinas marinas, y se espera que estos números aumenten en el futuro. Estos desarrollos, junto con el mayor tamaño de las turbinas eólicas más recientes, están conduciendo a mayores demandas de capacidad de servicio y robustez. Es más costoso, por motivos obvios, dar servicio a una turbina marina que a una turbina con base en tierra o terrestre.

Actualmente se usan varios tipos diferentes de turbinas eólicas, o convertidores de energía eólica. Muchos usan un árbol principal con el buje y las palas en un extremo y una caja de engranajes en el otro, pero existen diseños alternativos. Por ejemplo, la turbina 3MW V90 de Vestas usa un cojinete principal y una caja de engranajes combinados, es decir la caja de engranajes es solidaria con el cojinete principal, y por tanto no tiene un árbol principal. Otro tipo de turbina eólica no tiene una caja de engranajes, y el generador rota con baja velocidad. Estas turbinas eólicas se denominan "generadores de accionamiento directo" y no tienen un árbol principal como tal. Estas turbinas eólicas de la técnica anterior usan cojinetes de elementos rodantes como cojinete principal para soportar el rotor y las palas, y el árbol principal si la turbina eólica tiene uno, por ejemplo tal como se describe en el documento DE 102 55 745 A1, que también menciona el uso de un cojinete liso hidrostático entre el rotor y el estátor.

Problemas de servicio típicos son la sustitución de cojinetes defectuosos, particularmente del cojinete principal, que deben soportar cargas dinámicas muy altas dependiendo del tamaño de turbina eólica y las condiciones de viento. La carga sobre el cojinete principal está determinada principalmente por la masa combinada de las palas, del buje y del árbol principal, y por la velocidad del viento. Estas altas cargas dinámicas dan como resultado desviaciones de árbol dinámicas correspondientemente grandes en las turbinas eólicas. La velocidad de rotación máxima de una turbina eólica está determinada por el tamaño de turbina y por tanto también por el tamaño de pala. Una turbina más grande, con palas más grandes, proporciona una menor velocidad de rotación máxima. Por ejemplo, una turbina de 2,0 MW existente tiene una velocidad de rotación máxima de 19 rpm, mientras que la velocidad de rotación máxima de una turbina de 3,6 MW es sólo de 13 rpm. A estas bajas velocidades, las cargas dinámicas ejercidas sobre el árbol principal y el cojinete principal pueden ser muy altas, especialmente en condiciones de viento fuerte, en las que las fuerzas resultantes del orden de más de 2 MN (meganewton) ejercidas sobre los cojinetes no son infrecuentes. En el arranque o el apagado, las condiciones se vuelven incluso más críticas puesto que la velocidad de rotación es extremadamente baja (por ejemplo, de menos de 5 rpm) y la fricción entre el árbol y el cojinete principal se vuelve mayor. Evidentemente, la carga de cojinete aumenta al aumentar el tamaño de turbina eólica. Las condiciones de funcionamiento combinadas con los problemas de que los cojinetes de elementos rodantes grandes son muy sensibles a la calidad del material y requieren una manipulación y lubricación correctas hacen que los cojinetes de rodillos o cojinetes de bolas sean más propensos a fallar durante la vida útil requerida.

Puesto que se desean turbinas eólicas más grandes debido a su mejor economía de sistema global, la vida útil y el rendimiento del cojinete está convirtiéndose en un aspecto más crítico en el diseño de turbinas eólicas, especialmente para turbinas eólicas marinas. Los cojinetes de rodillos convencionales están asociados con varios problemas. Los cojinetes de rodillos deben mecanizarse con un grado alto de precisión, puesto que cualquier irregularidad puede conducir rápidamente a un fallo del material. Otro argumento importante en contra del uso de un sistema de cojinete de rodillos en el cojinete principal de una turbina eólica es la dificultad asociada con su mantenimiento. Alternativas tales como cojinetes de deslizamiento o lisos, aunque son menos susceptibles que los cojinetes de rodillos a producir ruido y vibración, también son inadecuadas debido a su intolerancia a la carga en borde que se producirá debido a la estructura de turbina relativamente flexible. Esto se aplica también a cojinetes de fluidos convencionales del tipo descrito en el documento US 5.271.676. No es posible sustituir un cojinete de este tipo, o una parte de cojinete, sin desensamblar en primer lugar el tren de transmisión. Se requiere una grúa externa grande de manera adecuada para elevar y separar el buje, las palas, el árbol y el cojinete de la turbina. Luego, el cojinete puede desmontarse y sustituirse, y entonces los componentes deben elevarse a su lugar de nuevo para su ensamblaje. Una grúa externa con la capacidad de elevación necesaria presenta un gasto adicional considerable, particularmente para una turbina eólica marina, para la que la grúa externa debe transportarse (en condiciones meteorológicas favorables) en barco.

Tales procedimientos de mantenimiento en un convertidor de energía eólica son costosos y llevan mucho tiempo, particularmente en una ubicación marina, tal como apreciará un experto en la técnica. Además, tal mantenimiento sólo puede llevarse a cabo durante condiciones de poco viento. Sin embargo, en una ubicación marina, las condiciones de poco viento pueden producirse rara vez. Una turbina con un cojinete dañado puede tener entonces que desconectarse durante un largo periodo de tiempo hasta que el viento amaine, tiempo durante el cual la turbina no puede usarse para generar electricidad.

En resumen, los sistemas de cojinete actuales no cumplen satisfactoriamente con los requisitos de larga vida útil y bajo servicio cuando se usan como cojinete principal en una turbina eólica.

Por tanto, un objeto de la invención es proporcionar un cojinete mejorado para una turbina eólica que evite los problemas mencionados anteriormente.

Sumario de la invención

El objeto de la invención se logra mediante el cojinete principal de turbina eólica según la reivindicación 1, la turbina eólica según la reivindicación 12, el método para realizar el mantenimiento en una turbina eólica según la reivindicación 15 y mediante un uso de un cojinete de fluidos como cojinete principal en una turbina eólica según la reivindicación 16.

Un cojinete principal de turbina eólica según la invención está realizado para sostener un árbol de una turbina eólica, árbol que se hace rotar mediante varias palas conectadas al árbol, en el que el cojinete principal de turbina eólica comprende un cojinete de fluidos con una pluralidad de segmentos de cojinete dispuestos alrededor del árbol, caracterizado porque un segmento de cojinete comprende varias cavidades ubicadas en una superficie interna del segmento de cojinete, en el que una cavidad comprende una entrada de fluido para la inyección de un lubricante fluido en la superficie interna del segmento de cojinete, y en el que la ubicación de una cavidad se elige basándose en una distribución de presión relativa en la superficie interna del segmento de cojinete.

El cojinete principal de turbina eólica inventivo es particularmente adecuado para sostener el peso combinado del árbol, el buje, las palas, etc., y las cargas dinámicas ejercidas sobre los mismos. Debido a una combinación de restricciones, la velocidad de rotación admisible máxima del árbol es baja. El cojinete principal de turbina eólica según la invención está dimensionado y realizado para usarse en una turbina eólica realizada para hacer rotar un árbol a una velocidad en el intervalo de 5 rpm - 25 rpm, preferiblemente de 5 - 20 rpm, y lo más preferiblemente de 5 - 15 rpm.

Un cojinete de fluidos es un cojinete que soporta una carga totalmente sobre una capa delgada de líquido, habitualmente aceite. A continuación, los términos "cojinete principal de turbina eólica" y "cojinete de fluidos" pueden usarse de manera intercambiable sin restringir la invención en modo alguno. Los cojinetes de fluidos se conocen a partir de turbinas tales como las usadas en la generación de energía hidroeléctrica. También pueden usarse cojinetes de fluidos en aplicaciones marinas tales como motores de barco, árboles de hélices de submarinos y sistemas de propulsión con empujador, por ejemplo del tipo tal como se describe en el documento US 2006/0063442 A1, que describe una combinación de cojinetes de empuje y cojinetes lisos dispuestos alrededor de un rotor. Sin embargo, las turbinas usadas en estos campos de aplicación son aplicaciones a alta velocidad y baja carga, es decir el rotor rota a una alta velocidad de cientos de rpm, mientras que la carga ejercida sobre el cojinete principal es generalmente baja y constante, debido a la naturaleza más constante del flujo de agua, y tales turbinas se someten de manera muy infrecuente a procedimientos de arranque o apagado. Sin embargo, en un convertidor de energía eólica, las condiciones de funcionamiento son muy diferentes, tal como se explicó de manera resumida en la introducción, comprendiendo bajas velocidades de rotación, altas cargas y arranques y apagados frecuentes. Por estos motivos, las turbinas eólicas de la técnica anterior usadas en ubicaciones terrestres y marinas no han usado cojinetes de fluidos como cojinetes principales, sino que se han basado en cojinetes convencionales tales como cojinetes de rodillos.

Por tanto, ventajosamente, el cojinete de fluidos inventivo para una turbina eólica proporciona un tipo más adecuado de cojinete, que es menos susceptible al fallo del cojinete que el cojinete de rodillos convencional, mientras que es considerablemente más fácil de mantener. Un segmento del cojinete de fluidos, por ejemplo, puede retirarse o insertarse de manera relativamente fácil sin tener que desensamblar el tren de transmisión, lo que debe realizarse en el caso de cojinetes de rodillos para acceder a los cojinetes.

Con las cavidades en la superficie interna del segmento de cojinete, el cojinete de fluidos está realizado como cojinete hidrostático. De esta manera, el lubricante puede inyectarse a presión muy alta directamente en la superficie del árbol principal bajo el segmento de cojinete, forzando así una capa de lubricante entre estas dos superficies, y permitiendo que el árbol principal se mueva bajo una fricción favorablemente baja incluso en el arranque. Puesto que el fluido a alta presión inyectado entre el segmento de cojinete y el árbol principal hace que la película de fluido levante y soporte el segmento de cojinete, la presión se distribuye más uniformemente sobre el segmento y, como resultado, se aumenta la capacidad de soporte de carga del segmento de cojinete. En última instancia, esto puede

prolongar la vida útil del cojinete y reducir el esfuerzo de mantenimiento. A continuación, una cavidad también puede denominarse “entrante” o “rebaje”.

Considerando que la distribución de presión debida al fluido entre el segmento de cojinete y el árbol principal no es uniforme sobre la superficie interna del segmento de cojinete, sino que muestra una zona de presión máxima en una región hacia el “borde posterior” del segmento de cojinete, provocada por la rotación relativa entre el árbol y el segmento, los inventores se percataron de que la ubicación de una cavidad o entrante en la superficie interna de un segmento de cojinete debe elegirse basándose en una distribución de presión relativa en la superficie interna del segmento de cojinete. De esta manera, la inyección de aceite puede producirse en una ubicación favorable en la superficie de cojinete.

A continuación, sin restringir la invención en modo alguno, el término “turbina eólica” puede entenderse que hace referencia a un convertidor de energía eólica terrestre o marino. Puesto que la turbina eólica según la invención puede comprender un árbol principal y una caja de engranajes, o puede ser un generador de accionamiento directo, los términos “árbol” y “árbol principal” pueden usarse de manera intercambiable sin restringir la invención en modo alguno, y pretenden hacer referencia a la parte rotatoria soportada por el cojinete principal.

La turbina eólica según la invención comprende como su cojinete principal un cojinete de fluidos, cojinete de fluidos que comprende una pluralidad de segmentos de cojinete dispuestos alrededor del árbol de rotor de la turbina eólica.

En la turbina eólica según la invención, pueden retirarse o insertarse segmentos individuales mientras que los segmentos restantes continúan soportando la carga. Por tanto, el mantenimiento de un cojinete de fluidos de este tipo en una turbina eólica según la invención es considerablemente más fácil y más rápido que un mantenimiento comparable de un cojinete de rodillos, para el cual el tren de transmisión debe elevarse en primer lugar mediante una grúa y luego desensamblarse para acceder a los cojinetes, tal como se explicó de manera resumida anteriormente en la introducción. Por tanto, puesto que el cojinete de fluidos de una turbina eólica según la invención es más robusto que el tipo convencional de cojinete usado hasta ahora en las turbinas eólicas de la técnica anterior, una turbina eólica de este tipo requerirá menos mantenimiento, y, cuando se requiera mantenimiento, éste puede llevarse a cabo más rápido y con menos esfuerzo. Estos motivos hacen que la turbina eólica según la invención sea particularmente ventajosa para ubicaciones marinas. Puesto que el cojinete de fluidos es más sencillo y económico de fabricar que los cojinetes de rodillos convencionales, que requieren un mecanizado de alta precisión, la turbina eólica inventiva también es atractiva obviamente para ubicaciones terrestres.

Según la invención, un método para realizar el mantenimiento en una turbina eólica de este tipo comprende las etapas de detener la rotación del árbol, hacer funcionar una disposición de elevación para levantar el árbol, y retirar un segmento de cojinete del cojinete principal de turbina eólica de un alojamiento de cojinete del cojinete principal de turbina eólica. Este método muy sencillo se compara favorablemente con los procedimientos de mantenimiento mucho más complicados necesarios en las turbinas eólicas de la técnica anterior que tienen cojinetes de rodillos como cojinete principal, y en los que se requiere una grúa externa para desmontar y elevar el buje, las palas, el árbol y el cojinete y separarlos de la turbina. Después de esto, el cojinete puede sustituirse y luego todos los componentes tienen que elevarse a su lugar de nuevo para su ensamblaje. En el método según la invención, un segmento de cojinete puede retirarse fácilmente del alojamiento de cojinete sin desensamblar el tren de transmisión. Una ventaja obvia del método según la invención es la reducción en los costes, puesto que no se requiere una grúa externa costosa con alta capacidad de elevación. Además, puesto que el mantenimiento puede llevarse a cabo fácilmente en el cojinete principal según la invención sin tener que desensamblar el tren de transmisión, no son necesarias en absoluto condiciones meteorológicas de baja velocidad del viento estables durante el mantenimiento. Por tanto, el riesgo de un largo tiempo de inactividad de la turbina eólica durante el mantenimiento se reduce muy favorablemente.

Realizaciones y características particularmente ventajosas de la invención se facilitan mediante las reivindicaciones dependientes, tal como se revela en la siguiente descripción.

La salida de potencia de un convertidor de energía eólica depende en gran medida de sus dimensiones. Generalmente, una turbina eólica con palas más largas y, por tanto, también un árbol principal más grande pueden producir más energía eléctrica. Por tanto, en una realización preferida de la invención, el cojinete principal de turbina eólica está realizado para sostener un árbol con un diámetro (en la región del cojinete principal) de al menos 40 centímetros, más preferiblemente de al menos 50 cm, y lo más preferiblemente de al menos 80 cm. El cojinete principal está colocado generalmente alrededor del diámetro mayor del árbol, generalmente en el extremo de buje (el diámetro puede disminuir considerablemente hacia el extremo de caja de engranajes). Por ejemplo, una turbina eólica de 1,3 MW puede tener un diámetro de árbol de aproximadamente 55 cm en el cojinete principal, mientras que una turbina eólica de 2,3 MW puede tener un diámetro de árbol de aproximadamente 80 cm en el cojinete principal. El árbol en el cojinete principal de una turbina eólica de 3,6 MW puede incluso tener un diámetro de 100 cm o más. El cojinete de fluidos según la invención está adaptado particularmente bien para soportar las cargas de tales turbinas grandes así como cualquier carga dinámica ejercida durante el funcionamiento. El cojinete de fluidos según la invención y usado como cojinete principal no debe confundirse con cojinetes de fluidos convencionales usados para otros fines en determinadas turbinas eólicas, que también pueden estar equipadas, por

ejemplo, con un cojinete de fluidos convencional para una parte del conjunto de accionamiento que es de diámetro mucho menor, por ejemplo en o más allá de la caja de engranajes. Un ejemplo de un cojinete de fluidos de este tipo es el cojinete hidrodinámico "Norixlager" fabricado por Main Metall International AG con un diámetro interno de como máximo 6 cm y destinado para su uso a alta velocidad de rotación en la caja de engranajes o el generador. Tal como

5 sabrá el experto en la técnica, tales cojinetes de fluidos convencionales no están diseñados para funcionar a las bajas velocidades de rotación a las que rota el árbol principal en una turbina eólica y no pueden resistir las desviaciones que surgen en una turbina eólica.

Los segmentos de cojinete del cojinete de fluidos están dispuestos preferiblemente en una estructura contenedora externa o alojamiento de cojinete principal. Los segmentos de cojinete pueden denominarse colectivamente a continuación "disposición de segmentos". El alojamiento de cojinete está realizado preferiblemente para contener también el fluido usado para lubricar el cojinete. Un fluido de este tipo puede ser un aceite o lubricante adecuado con una viscosidad de, por ejemplo, ISO VG 46 - ISO VG 460.

En condiciones ideales, las palas de un convertidor de energía eólica hacen que el rotor rote suavemente alrededor de su eje longitudinal central. Sin embargo, también pueden ejercerse determinadas fuerzas laterales sobre el árbol de rotor, que puede moverse y curvarse en cierta medida debido a las grandes cargas dinámicas, y los segmentos de cojinete del cojinete de fluidos deben poder ajustarse preferiblemente a estos movimientos. Por tanto, un cojinete de fluidos según la invención está realizado preferiblemente de manera que el segmento de cojinete puede inclinarse para adaptarse a una desviación del árbol. Existen varias maneras de montaje de manera inclinable de segmentos de cojinete en un alojamiento de cojinete externo. Por ejemplo, los segmentos de cojinete y la estructura contenedora externa pueden estar realizadas esencialmente de manera en "una pieza", por ejemplo mediante un conector flexible para unir el segmento de cojinete al alojamiento de cojinete.

En una realización preferida de la invención, un segmento de cojinete del cojinete de fluidos comprende un cojinete de pivote para conectar de manera inclinable el segmento de cojinete al alojamiento de cojinete. El cojinete de pivote puede comprender una disposición de rótula esférica para cada segmento de cojinete, de modo que la superficie externa del segmento de cojinete comprende una rótula, y la "esfera" o hemisferio es parte de la estructura contenedora externa. Estos tipos de cojinete de fluidos también se denominan "cojinetes de fluidos de segmentos de inclinación". A continuación, en beneficio de la simplicidad, los términos "cojinete de fluidos" y "cojinete de fluidos de segmentos de inclinación" pueden usarse de manera intercambiable sin restringir la invención en modo alguno.

Un segmento de cojinete para el cojinete de fluidos según la invención puede ser de forma simétrica. Alternativamente, puede preferirse una forma asimétrica. Por ejemplo, el segmento de cojinete, en sección en corte, puede mostrar una forma esencialmente de triángulo "escaleno". Una forma de este tipo para el segmento de cojinete puede permitir que el segmento de cojinete se adapte mejor a las cargas dinámicas ejercidas sobre el árbol principal durante el funcionamiento.

Tal como se mencionó anteriormente, la distribución de presión debida al fluido entre el segmento de cojinete y el árbol principal no es uniforme sobre la superficie interna del segmento de cojinete, sino que muestra una zona de presión máxima en una región hacia el "borde posterior" del segmento de cojinete, provocada por la rotación relativa entre el árbol y el segmento. Por este motivo, la ubicación de una cavidad o un entrante en la superficie interna de un segmento de cojinete se elige basándose en una distribución de presión relativa en la superficie interna del segmento de cojinete, de modo que la inyección de aceite puede producirse en una ubicación favorable en la superficie de cojinete. Lo más preferiblemente, la posición de una cavidad o un entrante coincide con o corresponde a una región de baja presión relativa en la superficie interna del segmento de cojinete, de modo que cuando se inyecta fluido en una cavidad de este tipo, la presión global del fluido sobre la superficie interna del segmento de cojinete se distribuye más uniformemente. Las regiones de baja presión pueden determinarse calculando el perfil de presión sobre un segmento de cojinete, convirtiendo este perfil de presión en varios "contornos isobáricos", y determinando la ubicación de contornos isobáricos de baja presión con respecto a la superficie interna del segmento de cojinete. Las cavidades pueden formarse entonces preferiblemente en la superficie interna del segmento de cojinete para seguir los contornos isobáricos, más preferiblemente los contornos isobáricos correspondientes a regiones a baja presión, o para coincidir al menos parcialmente con los mismos. Puede inyectarse entonces fluido de manera más óptima sobre la superficie interna del segmento de cojinete. Por ejemplo, en el caso en el que están dispuestas cuatro cavidades en las regiones de esquina externa de una superficie interna de segmento de cojinete esencialmente rectangular, el fluido inyectado en estas cavidades durante el arranque y/o durante el funcionamiento de la turbina eólica da como resultado una distribución esencialmente uniforme de presión sobre la superficie interna del segmento de cojinete, de modo que la carga soportada por el segmento de cojinete se distribuye más uniformemente.

Evidentemente, el cojinete de fluidos para el uso en una turbina eólica según la invención puede estar realizado como cojinete híbrido, en el que uno o más segmentos comprenden cavidades tal como se describió anteriormente para la inyección de fluido a altas temperaturas, y en el que también se extrae fluido en la superficie libre del árbol principal rotatorio por bajo los segmentos de cojinete.

Los materiales usados para el segmento de cojinete pueden elegirse basándose en la función pretendida de la

turbina eólica y de sus dimensiones, que pueden depender, por ejemplo, de su futura ubicación y de las condiciones en las que funcionará. Por ejemplo, en una turbina eólica destinada para una alta generación de energía y dimensionada en consecuencia, la carga ejercida por el rotor sobre los cojinetes puede ser muy alta, del orden de 2 MN. Estas cargas pueden calcularse con antelación, y los materiales pueden elegirse en consecuencia. Ejemplos de materiales para el cojinete pueden ser acero endurecido o pulido, o acero con un recubrimiento delgado de metal blanco (también denominado "Babbitt" o "metal Babbitt").

En una realización preferida adicional de la invención, la superficie interna de un segmento de cojinete comprende un revestimiento de polímero con un bajo módulo de elasticidad, por ejemplo un material tal como PTFE (politetrafluoroetileno), PVDF (poli(fluoruro de vinilideno)), POM (polioximetileno), PEEK (polieteretercetona), etc. Estos materiales muestran una estabilidad y rigidez favorables, son livianos, tienen bajos coeficientes de fricción y pueden sumergirse en aceite sin daño. El uso de un material de este tipo como superficie interna del cojinete puede ser ventajoso, puesto que un polímero con estas propiedades se deformará ligeramente mientras esté a presión, de modo que el cojinete tiene más "tendencia a ceder". Esto permite que se acumule un mejor grosor de película de fluido durante el funcionamiento hidrodinámico. El grosor de la capa de polímero puede depender de las condiciones de uso del cojinete de fluidos, y de las dimensiones de los segmentos de cojinete. Para un cojinete hidrostático, las cavidades mencionadas anteriormente también pueden cortarse en o quitarse del revestimiento de polímero.

La disposición de segmentos del cojinete de fluidos para una turbina eólica puede comprender varios segmentos de cojinete dispuestos adecuadamente con respecto al rotor y mantenidos en su lugar mediante la estructura contenedora externa. Preferiblemente, al menos tres segmentos de cojinete están dispuestos alrededor del árbol de rotor en una disposición de anillo o anular. Por ejemplo, una disposición anular puede comprender tres segmentos de cojinete dispuestos de manera esencialmente uniforme alrededor del rotor y mantenidos en su lugar mediante cojinetes adecuados tales como cojinetes de pivote, tal como ya se describió anteriormente. En otra realización preferida de la invención, la disposición de segmentos comprende dos o más disposiciones anulares de segmentos de cojinete dispuestos alrededor del árbol de rotor. En tal caso, por ejemplo puede ser suficiente usar dos disposiciones anulares de este tipo cada una con tres segmentos de cojinete, para usar segmentos de cojinete más pequeños, puesto que la carga se distribuye sobre los seis segmentos de cojinete.

En una realización preferida adicional de la turbina eólica según la invención, la turbina eólica comprende una disposición de elevación, tal como un gato, para levantar una parte relevante, tal como el árbol principal, para reducir la carga sobre el cojinete principal, para facilitar la retirada, la inserción o el mantenimiento de un segmento de cojinete en la región inferior del alojamiento de cojinete. Un gato sencillo de este tipo, tal como apreciará el experto en la técnica, se instala muy fácilmente en un alojamiento de góndola de turbina eólica. Al usar un gato de este tipo, el árbol principal o rotor puede elevarse y fijarse para soportar la carga y mantener el árbol estable. Entonces, puesto que los segmentos de cojinete ya no están bajo ninguna carga, pueden sustituirse fácilmente en una operación. Si hay tres o más segmentos en una disposición de anillo, puede retirarse un segmento cada vez durante el mantenimiento mientras que los segmentos restantes continúan soportando el árbol o rotor. El uso de al menos tres segmentos en una disposición de anillo es ventajoso, puesto que al menos dos segmentos están disponibles entonces para soportar el árbol mientras se retira un segmento de cojinete. Un segmento de cojinete en la región superior del alojamiento de cojinete puede retirarse fácilmente sin levantar el árbol principal, puesto que los segmentos en la región inferior soportan el peso del árbol cuando el árbol no está rotando.

Una turbina eólica con un árbol principal puede tener uno o más cojinetes, por ejemplo un cojinete principal que comprende un cojinete de fluidos según la invención colocado en el extremo de buje, en el que las cargas son las mayores, y un cojinete de rodillos convencional en la caja de engranajes que soporta el otro extremo del árbol principal. Durante el funcionamiento de la turbina eólica y dependiendo de las condiciones de viento, también pueden ejercerse cargas axiales sobre el árbol. Para evitar el daño del material, la turbina eólica comprende preferiblemente varios cojinetes de empuje dispuestos, por ejemplo, alrededor del árbol y realizados para adaptarse a un movimiento axial de este tipo del árbol. Estas cargas axiales se ejercen generalmente en un sentido "aguas abajo", es decir a lo largo del árbol en un sentido que se aleja del buje. Estos segmentos de cojinete de empuje también pueden estar realizados para poder inclinarse. Para absorber las cargas que pueden ejercerse ocasionalmente en el sentido opuesto, la turbina eólica también comprende preferiblemente un "tope de impacto" en el extremo delantero del árbol principal, por ejemplo en una ubicación adecuada entre el cojinete principal y el buje.

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

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra una representación esquemática de los elementos básicos de una turbina eólica convencional a modo de ejemplo;

la figura 2 muestra una sección en corte esquemática radial y una longitudinal a través de las partes relevantes de una turbina eólica en una primera realización de la invención;

la figura 3 muestra una sección en corte esquemática radial a través de partes relevantes de la turbina eólica en una segunda realización de la invención, que muestra un alojamiento de cojinete y un segmento de cojinete retirado para mantenimiento;

la figura 4 muestra una sección en corte esquemática radial de la figura 3 en una vista en despiece ordenado, que muestra partes del alojamiento de cojinete desmontadas para mantenimiento;

la figura 5 muestra una representación bidimensional de una distribución de presión tridimensional sobre la superficie interna de un segmento de cojinete para un cojinete de fluidos de segmentos de inclinación hidrodinámico;

la figura 6 muestra un mapeo isobárico de la distribución de presión de la figura 5 sobre una superficie que representa la superficie interna de un segmento de cojinete;

la figura 7 muestra una posible colocación de cavidades en la superficie interna de un segmento de cojinete basándose en el mapeo isobárico de la figura 6;

la figura 8 muestra un segmento de cojinete con cavidades en la superficie interna del segmento de cojinete colocado usando la técnica descrita en la figura 7;

la figura 9 muestra una representación bidimensional de una distribución de presión tridimensional sobre la superficie interna del segmento de cojinete de la figura 8 con árbol estacionario;

la figura 10 muestra una representación bidimensional de una distribución de presión tridimensional sobre la superficie interna del segmento de cojinete de la figura 8 con árbol rotatorio;

la figura 11 muestra una segunda disposición de segmentos de cojinete en un cojinete de fluidos según una realización adicional de la invención.

En los dibujos, números de referencia similares hacen referencia a objetos similares en la totalidad de los mismos. Los objetos en los diagramas no están dibujados necesariamente a escala.

Descripción detallada de las realizaciones

La figura 1 muestra una representación esquemática de los elementos básicos de una turbina 20 eólica a modo de ejemplo de la técnica anterior, en este caso una disposición de góndola de una turbina eólica con un tren de transmisión y una caja de engranajes en un alojamiento 200 soportado por una torre 201. Sólo se muestran los elementos relevantes en beneficio de la claridad.

Las palas 11 de la turbina 20 eólica, habitual pero no necesariamente tres en número, están fijadas a un buje 12 o cono 12 de hélice por medio de un cojinete 120 de pala con el que las palas 11 pueden desconectarse, por ejemplo durante condiciones de tormenta. En el funcionamiento normal, el viento ejerce presión sobre las palas 11, lo que hace que el cono 12 de hélice y el árbol 13 principal unido roten. La energía de rotación se convierte en energía eléctrica usando una caja 14 de engranajes y un generador 140. Los detalles de la conversión energía no son relevantes en el presente documento y por tanto no se explicarán en más detalle. El conjunto de accionamiento que comprende el árbol 13 principal, la caja 14 de engranajes, etc. está montado sobre una placa 17 de asiento de góndola. Las dimensiones de la parte interior del alojamiento 200 de góndola pueden ser del orden de aproximadamente 3 m de altura y 10 m de longitud. El diámetro del árbol 13 principal puede ser del orden de 40 cm - 100 cm o incluso más.

La carga ejercida por el peso combinado de las palas 11, el buje 12, el árbol 13 principal y otros elementos no especificados, y por las fuerzas ejercidas por el viento se soportan en gran medida por un cojinete 15 principal colocado cerca del extremo de cono de hélice del árbol 13 principal. Un cojinete adicional (no mostrado en el diagrama) como parte de la caja 14 de engranajes puede soportar una parte minoritaria de la carga. En las turbinas eólicas convencionales, el cojinete 15 principal es un cojinete de rodillos. Una grúa 16 en la góndola se usa para izar pequeños componentes y herramientas en la góndola durante el servicio. Para componentes más pesados, o para elevar el buje, las palas y el árbol, se requiere una grúa externa (no mostrada en el diagrama). Una grúa externa de este tipo debe transportarse hasta la turbina eólica, tal como se explicó en la introducción.

La figura 2 muestra una sección en corte transversal (lado izquierdo del diagrama) y una sección en corte longitudinal (lado derecho) a través de las partes relevantes de una turbina 10 eólica que comprende un cojinete 1 de fluidos de segmentos de inclinación según la invención. La sección en corte longitudinal en el lado derecho se obtiene esencialmente a lo largo de la línea discontinua mostrada en la sección en corte transversal y muestra las palas 11, el buje 12, el árbol 13 principal y la caja 14 de engranajes. Las partes no relevantes tales como la placa de asiento de góndola, el generador etc., se han omitido en beneficio de la claridad, pero el experto en la técnica apreciará que tales elementos se requieren por supuesto.

En esta realización de la turbina 10 eólica según la invención, el cojinete 1 principal comprende un cojinete 1 de fluidos de segmentos de inclinación, y el árbol 13 principal está formado para adaptarse a los segmentos 2 de cojinete del cojinete 1 de fluidos por medio de partes más gruesas que proporcionan una región 130 cilíndrica del árbol 13 principal. Para absorber cargas axiales en el sentido D (que corresponde en gran medida al sentido de viento principal), varios segmentos 18 de cojinete de empuje están colocados a lo largo del borde externo trasero de la "mitad inferior" del árbol principal, tal como puede observarse claramente en la sección en corte transversal. Las cargas axiales en el sentido opuesto, que son menores y se producen con menos frecuencia, pueden absorberse mediante un tope 19 de impacto adecuado colocado en un punto en el borde externo delantero de la mitad inferior del árbol principal.

En la sección en corte transversal en el lado izquierdo, puede observarse una primera disposición de segmentos 2 de cojinete, que comprende tres segmentos 2 de cojinete colocados en una disposición anular alrededor de la superficie externa del árbol 13 principal. En la sección en corte longitudinal, pueden observarse sólo dos de los segmentos 2 de cojinete. La forma de los segmentos 2 de cojinete se indica sólo vagamente en este diagrama en beneficio de la claridad, pero se describirá en más detalle a continuación. Además, el alojamiento 3 de cojinete se indica simplemente como un círculo envolvente, pero se describirá en más detalle en las figuras 3 y 4 a continuación. Los segmentos 2 de cojinete pueden estar fijados de manera inclinable al alojamiento 3 de cojinete por medio de un cojinete adecuado (no mostrado). Se muestra que los segmentos de cojinete tienen una sección en corte asimétrica, en forma de triángulo escaleno con la "esquina" externa del triángulo (que define el punto o eje alrededor del cual el segmento se inclina) ubicada en el alojamiento de cojinete y con el lado más largo en el sentido de rotación del árbol. La forma asimétrica de los segmentos de cojinete se adapta mejor al sentido de rotación del árbol.

El alojamiento 3 de cojinete, que por motivos de claridad se indica sólo como un círculo en la sección en corte transversal, está equipado con sellos adecuados (no mostrados) para contener cualquier fluido lubricante. Para acceder a los segmentos 2 de cojinete para mantenimiento, un gato 22 está montado en la placa de asiento de góndola, y puede usarse para levantar el árbol 13 principal en una cantidad suficiente para permitir que se retire uno de los segmentos 2 de cojinete inferiores.

La figura 3 muestra una sección en corte transversal a través de partes relevantes de una turbina 10 eólica según la invención, que muestra un alojamiento de cojinete que comprende un elemento 34 de techo, elementos 33 laterales y un elemento 35 de base. Estos elementos 33, 34 o secciones pueden estar dimensionados favorablemente de modo que éstos pueden elevarse fácilmente, por ejemplo usando la grúa interna. El alojamiento de cojinete en este ejemplo contiene cuatro segmentos 2 de cojinete, uno de las cuales se retira para mantenimiento (tal como se indica mediante la flecha). El diagrama muestra los segmentos 2 dispuestos alrededor del árbol 13 principal, y fijados al alojamiento de cojinete con cojinetes 30 de pivote de rótula esférica. El diagrama también muestra una serie de segmentos 18' de cojinete de empuje colocados a lo largo de una región inferior del árbol 13 principal. Debajo del árbol 13 principal está dispuesto un depósito 32 o sumidero 32 para recoger el fluido lubricante y devolverlo a una bomba (no mostrada en el diagrama).

La figura 4 muestra una vista en despiece ordenado del alojamiento de cojinete descrito anteriormente en la figura 3. Este diagrama muestra cómo diversos elementos 33, 34 del alojamiento de cojinete pueden elevarse o retirarse fácilmente para permitir el acceso a los segmentos 2 de cojinete. Dependiendo de qué segmento 2 o segmentos 2 de cojinete vayan a sustituirse, puede elevarse un elemento 33 lateral, o puede levantarse un elemento 34 de techo. Estos elementos 33, 34 pueden retirarse y sustituirse fácilmente sin la necesidad de una grúa externa costosa, tal como se describió anteriormente en el contexto del mantenimiento de una turbina eólica convencional. El diagrama muestra, en el lado derecho, un segmento 2 de cojinete retirado para sustitución o reparación (tal como se indica mediante la flecha).

La figura 5 muestra una representación bidimensional de un perfil de presión tridimensional sobre la superficie interna de un segmento de cojinete para un cojinete de fluidos de segmentos de inclinación hidrodinámico, en el que se extrae fluido lubricante bajo el segmento de cojinete cuando el árbol rota. Los ejes X e Y representan la anchura (a lo largo del alojamiento de cojinete) y la longitud (a lo largo del perímetro del árbol principal) del segmento de cojinete, respectivamente. Las dimensiones mostradas son sólo a modo de ejemplo, y una superficie de segmento de cojinete de 0,5 m x 0,7 m sería suficiente para la mayoría de construcciones de turbina eólica. Para simplificar la representación, la "superficie de cojinete" proporcionada por el plano delimitado por los ejes X e Y se muestra que es plana, mientras que en realidad sería una zona curva para adaptarse a la curvatura del árbol. El sentido de rotación R del árbol principal se facilita mediante la flecha paralela al eje Y, mientras que el "borde posterior" del segmento de cojinete coincide con el eje X. Tal como sabrá el experto en la técnica, el perfil de presión surge de la diferencia en velocidad entre el segmento y el árbol, y una "cuña" convergente de fluido presurizado formado entre el cojinete de segmentos de inclinación y el árbol rotatorio. Las unidades de presión están en MPa (Megapascascales), y los valores mostrados son de nuevo sólo a modo de ejemplo. Tal como puede observarse a partir del diagrama, se muestra un pico en la presión. La posición de la presión pico con respecto al segmento de cojinete puede depender de la manera en la que el segmento de cojinete está conectado al alojamiento de cojinete, por ejemplo de la posición de un cojinete de pivote. La cantidad de presión y la distribución de presión que se acumulan durante el funcionamiento dependen de varios factores tales como la velocidad de rotación del árbol principal y las fuerzas externas sobre el

cojinete, principalmente determinadas por la velocidad del viento y la masa rotatoria de la máquina soportada por el segmento de cojinete.

La figura 6 muestra un mapeo isobárico de la distribución de presión de la figura 5 sobre una superficie que representa la superficie interna de un segmento de cojinete. Las líneas de contorno muestran una densidad hacia el borde posterior del segmento de cojinete, en el que la presión aumenta bruscamente. Pueden observarse zonas de baja presión hacia los bordes y las regiones de esquina de la superficie interna del segmento de cojinete, en las que las isobaras o líneas de contorno están separadas adicionalmente.

La figura 7 muestra una posible colocación de cavidades o rebajes en la superficie interna de un segmento de cojinete basándose en el mapeo isobárico de la figura 6. Tal como muestra el diagrama, los rebajes “siguen” en gran medida los contornos en regiones correspondientes a menor presión.

La figura 8 muestra un segmento 2 de cojinete con cavidades C_1 , C_2 , C_3 , C_4 en la superficie interna del segmento 2 de cojinete dispuestas usando la técnica descrita anteriormente en la figura 7. En esta realización, la superficie interna del segmento 2 de cojinete se facilita mediante un revestimiento 50 de polímero con un bajo módulo de elasticidad. Este revestimiento 50 puede tener un grosor que depende de los requisitos de diseño. Las cavidades C_1 , C_2 , C_3 , C_4 pueden extenderse hasta una profundidad de, por ejemplo, 5 mm en un segmento 2 de cojinete con un grosor de aproximadamente 5 cm. Para el funcionamiento hidrostático, las cavidades C_1 , C_2 , C_3 , C_4 se dotan de entradas F_1 , F_2 , F_3 , F_4 de fluido para inyectar fluido a alta presión durante el funcionamiento.

La figura 9 muestra una representación bidimensional de una distribución de presión tridimensional sobre la superficie interna del segmento 2 de cojinete de la figura 8 cuando el árbol es estacionario. El diagrama muestra que, incluso cuando es estacionario, la presión ejercida sobre la superficie interna del segmento de cojinete se distribuye de manera relativamente uniforme. Las regiones de la mayor presión coinciden con los entrantes C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , puesto que el fluido se inyecta en esas regiones, lo que hace que el segmento 2 de cojinete se empuje lejos del árbol principal y se soporte por una película de fluido. Esta distribución de presión de fluido uniforme es particularmente ventajosa durante condiciones de arranque, puesto que el desgaste debido a la fricción se reduce considerablemente. Este modo de funcionamiento se denomina funcionamiento hidrostático.

La figura 10 muestra una representación bidimensional de una distribución de presión tridimensional sobre la superficie interna del segmento 2 de cojinete de la figura 8 cuando el árbol está rotando y se inyecta fluido a alta presión en las cavidades. Este modo de funcionamiento se denomina funcionamiento híbrido y es una combinación de funcionamiento hidrostático e hidrodinámico. Este diagrama muestra la ventaja de usar tales cavidades para inyectar fluido durante el funcionamiento hidrostático. En comparación con el perfil de presión hidrodinámica de la figura 5, el perfil de presión hidrostática obtenido para el segmento de cojinete con entrantes muestra que la presión se distribuye más uniformemente sobre la superficie interna del segmento de cojinete, y la diferencia entre las regiones de presión pico y baja presión se reduce.

La figura 11 muestra una representación esquemática muy simplificada de una segunda disposición de segmentos 2 de cojinete en un cojinete de fluidos de segmentos de inclinación para una turbina eólica según la invención. El árbol 13 principal se representa simplemente como un cilindro, pero el experto en la técnica apreciará que su forma puede desviarse considerablemente de esta representación.

En esta realización, los segmentos 2 de cojinete están realizadas como secciones curvas con un cojinete de pivote entre la “parte trasera” del segmento de cojinete y la parte interior del alojamiento de cojinete (no mostrado en el diagrama), para fijar de manera inclinable los segmentos de cojinete al alojamiento de cojinete. El diagrama indica una rótula 62 para un cojinete de pivote de este tipo en la superficie externa de cada segmento 2 de cojinete. El cojinete de pivote puede ser un simple cojinete de rótula esférica, tal como sabrá el experto en la técnica. Los cojinetes de pivote fijan los segmentos 2 de cojinete al alojamiento de cojinete mientras que permiten que los segmentos 2 de cojinete se ajusten dinámicamente a la velocidad de rotación del árbol 13 principal y a las fuerzas variables ejercidas sobre el árbol 13 principal durante el funcionamiento. La forma de los segmentos 2 de cojinete puede ser asimétrica para ajustarse al sentido R de rotación del árbol 13, tal como se describió anteriormente.

En este caso, dos disposiciones anulares que comprenden cada una tres segmentos 2 de cojinete están dispuestas alrededor del árbol 13 principal de una turbina eólica. Algunos o todos los segmentos 2 de cojinete pueden presentar entrantes o cavidades tal como se describió anteriormente. Por ejemplo, los segmentos 2 de cojinete ubicados “bajo” el árbol 13 principal y que soportan su peso pueden tener entrantes para la inyección de fluido a alta presión para “empujar” el árbol 13 principal fuera de los segmentos 2 de cojinete, aunque puede obtenerse un funcionamiento satisfactorio con segmentos 2 de cojinete sin entrantes “encima” del árbol 13 principal.

Aunque la presente invención se ha dado a conocer en forma de realizaciones preferidas y variaciones en las mismas, se entenderá que pueden realizarse numerosas modificaciones y variaciones adicionales a las mismas sin apartarse del alcance de la invención.

En beneficio de la claridad, ha de entenderse que el uso de “un/o” o “una” en la totalidad de esta solicitud no excluye

una pluralidad, y “que comprende” no excluye otras etapas o elementos. Un “módulo” o una “unidad” pueden comprender varios módulos o unidades, a menos que se establezca de otro modo.

REIVINDICACIONES

1. Cojinete (1) principal de turbina eólica realizado para sostener un árbol (13) de una turbina (10) eólica, árbol que se hace rotar mediante varias palas (11) conectadas al árbol (13), en el que el cojinete (1) principal de turbina eólica comprende un cojinete (1) de fluidos con una pluralidad de segmentos (2) de cojinete dispuestos alrededor del árbol (13),
5
caracterizado porque un segmento (2) de cojinete comprende varias cavidades (C_1 , C_2 , C_3 , C_4) ubicadas en una superficie interna del segmento (2) de cojinete, en el que una cavidad (C_1 , C_2 , C_3 , C_4) comprende una entrada (F_1 , F_2 , F_3 , F_4) de fluido para la inyección de un lubricante fluido en la superficie interna del segmento (2) de cojinete, y en el que la ubicación de una cavidad (C_1 , C_2 , C_3 , C_4) se elige basándose en una distribución de presión relativa en la superficie interna del segmento (2) de cojinete.
10
2. Cojinete principal de turbina eólica según la reivindicación 1, caracterizado porque el cojinete (1) principal de turbina eólica está realizado para sostener un árbol (13) con un diámetro (D_S) de al menos 40 centímetros, más preferiblemente de al menos 50 centímetros, y lo más preferiblemente de al menos 80 centímetros.
15
3. Cojinete principal de turbina eólica según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, caracterizado porque el cojinete (1) principal de turbina eólica está realizado de manera que el segmento (2) de cojinete puede inclinarse para adaptarse a una desviación del árbol (13).
20
4. Cojinete (1) principal de turbina eólica según la reivindicación 3, caracterizado porque el cojinete (1) principal de turbina eólica comprende un alojamiento (3) de cojinete, y en el que un segmento (2) de cojinete del cojinete (1) principal de turbina eólica comprende un cojinete (30) de pivote para conectar de manera inclinable el segmento (2) de cojinete al alojamiento (3) de cojinete.
25
5. Cojinete (1) principal de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque un segmento (2) de cojinete tiene una estructura asimétrica elegida según un sentido (R) de rotación del árbol (13).
30
6. Cojinete (1) principal de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la ubicación de una cavidad (C_1 , C_2 , C_3 , C_4) corresponde a una región de baja presión relativa en la superficie interna del segmento (2) de cojinete.
35
7. Cojinete (1) principal de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la ubicación de una cavidad (C_1 , C_2 , C_3 , C_4) se elige basándose en contornos isobáricos específicos que representan regiones de baja presión relativa en la superficie interna del segmento (2) de cojinete.
40
8. Cojinete (1) principal de turbina eólica según la reivindicación 6 o la reivindicación 7, que comprende una pluralidad de cavidades (C_1 , C_2 , C_3 , C_4), en el que las cavidades (C_1 , C_2 , C_3 , C_4) están dispuestas hacia regiones de esquina de la superficie interna de un segmento (2) de cojinete.
45
9. Cojinete (1) principal de turbina eólica según la reivindicación 8, que comprende cuatro cavidades (C_1 , C_2 , C_3 , C_4), en el que las cavidades (C_1 , C_2 , C_3 , C_4) están dispuestas en regiones de esquina externa de la superficie interna de un segmento (2) de cojinete esencialmente rectangular.
50
10. Cojinete (1) principal de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque una superficie interna de un segmento (2) de cojinete está revestida con un revestimiento (50) de polímero.
55
11. Cojinete (1) principal de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por al menos una disposición anular de segmentos (2) de cojinete dispuestos alrededor del árbol (13).
60
12. Turbina (10) eólica que comprende varias palas (11) conectadas a un árbol (13) y realizadas para hacer rotar el árbol (13), y que comprende un cojinete (1) principal para el árbol (13), caracterizada porque el cojinete (1) principal es un cojinete (1) principal de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.
65
13. Turbina (10) eólica según la reivindicación 12, caracterizada por varios cojinetes (18, 18') de empuje dispuestos alrededor del árbol (13) y, opcionalmente, un tope (19) de impacto dispuesto en un extremo delantero del árbol (13), realizados para adaptarse a un movimiento longitudinal del árbol (13).
14. Turbina (10) eólica según la reivindicación 12 o la reivindicación 13, caracterizado por una disposición (22) de elevación para levantar un elemento de la turbina (10) eólica para facilitar la retirada, la inserción o el mantenimiento de un segmento (2) de cojinete del cojinete (1) principal de turbina eólica.

15. Método para realizar el mantenimiento en una turbina (10) eólica según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, que comprende las etapas de
- 5 - detener la rotación del árbol (13);
- hacer funcionar una disposición (22) de elevación para levantar el árbol (13); y
- 10 - retirar un segmento (2) de cojinete del cojinete (1) principal de turbina eólica del alojamiento (3) de cojinete del cojinete (1) principal de turbina eólica.
16. Uso de un cojinete (1) de fluidos como cojinete (1) principal en una turbina (10) eólica, mediante el cual el cojinete (1) de fluidos comprende una pluralidad de segmentos (2) de cojinete dispuestos alrededor de un árbol (13) de la turbina (10) eólica, árbol que se hace rotar mediante varias palas (11) conectadas al árbol (13), y en el que un segmento (2) de cojinete comprende varias cavidades (C_1 , C_2 , C_3 , C_4) ubicadas en una superficie interna del segmento (2) de cojinete, en el que una cavidad (C_1 , C_2 , C_3 , C_4) comprende una entrada (F_1 , F_2 , F_3 , F_4) de fluido para la inyección de un lubricante fluido en la superficie interna del segmento (2) de cojinete, y en el que la ubicación de una cavidad (C_1 , C_2 , C_3 , C_4) se elige basándose en una distribución de presión relativa en la superficie interna del segmento (2) de cojinete.
- 15
- 20

FIG 1

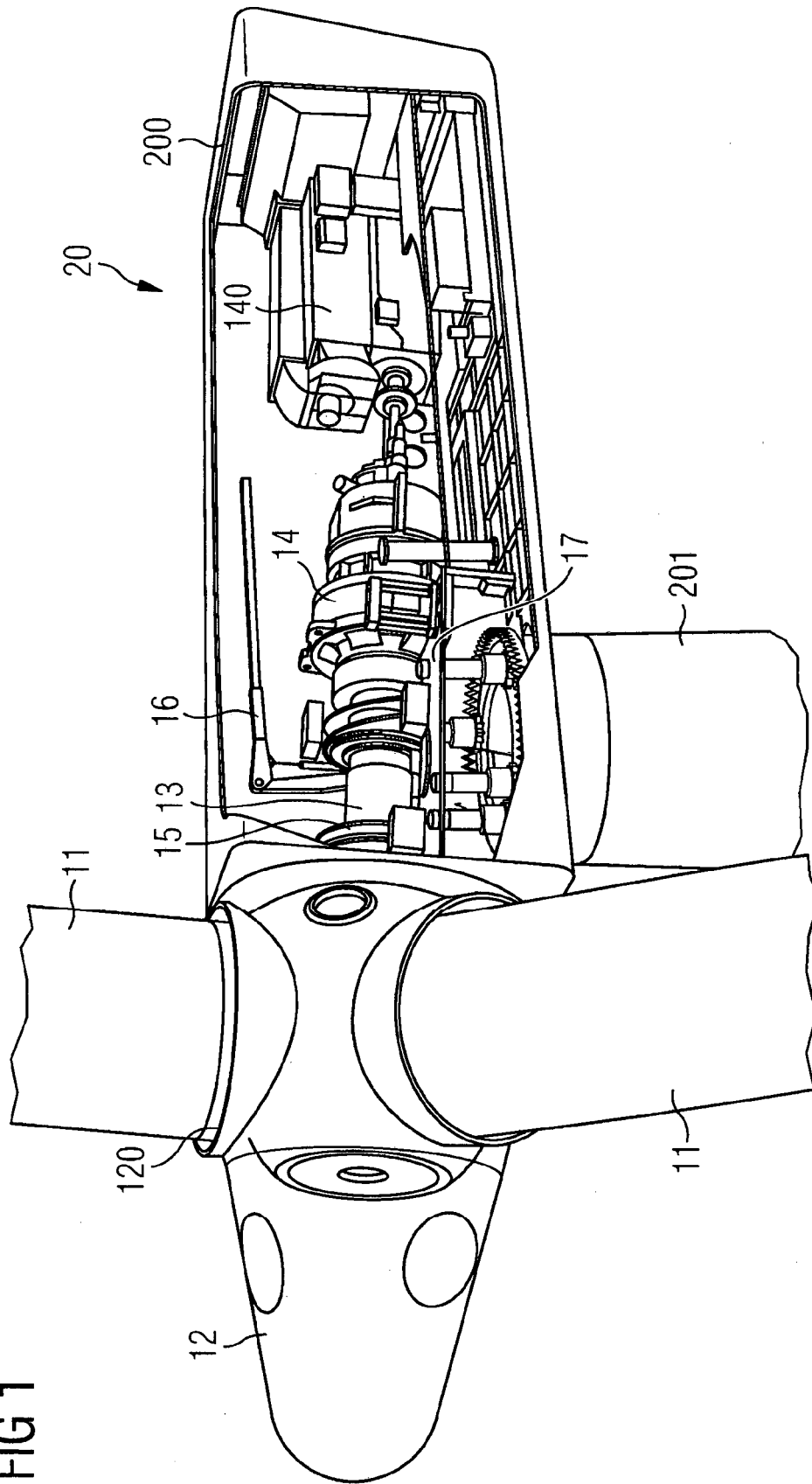


FIG 2

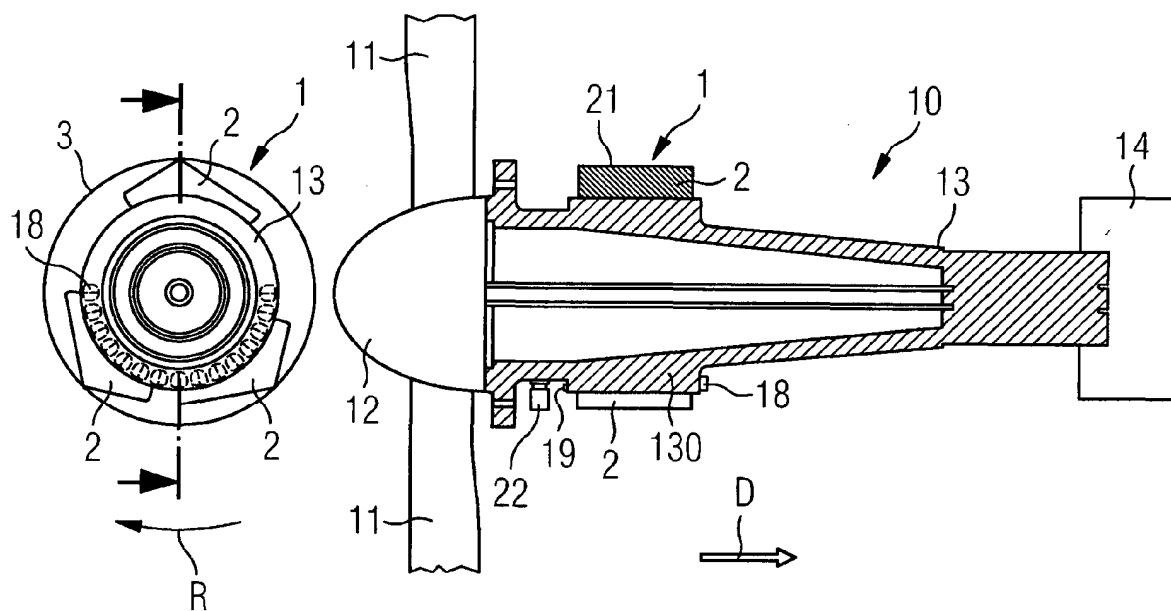


FIG 3

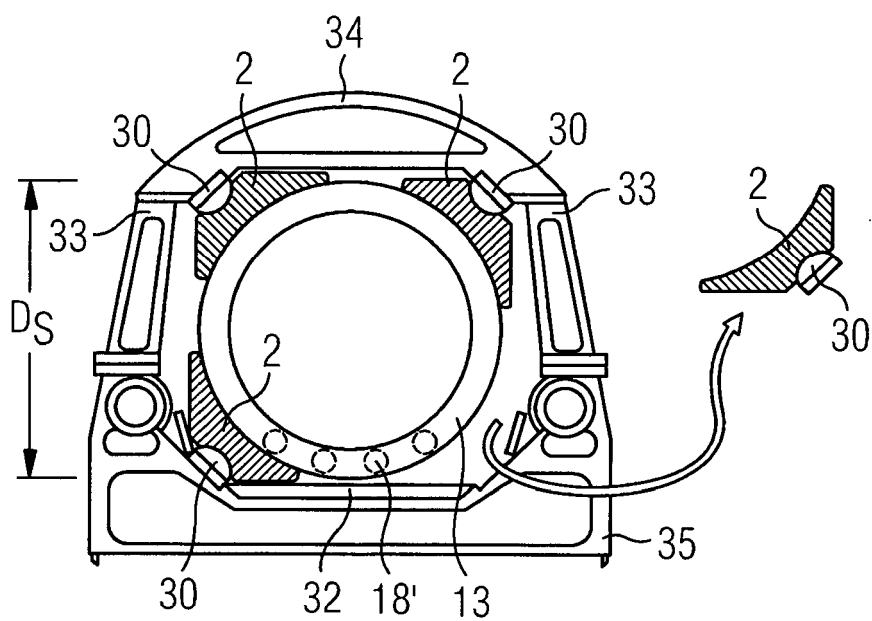


FIG 4

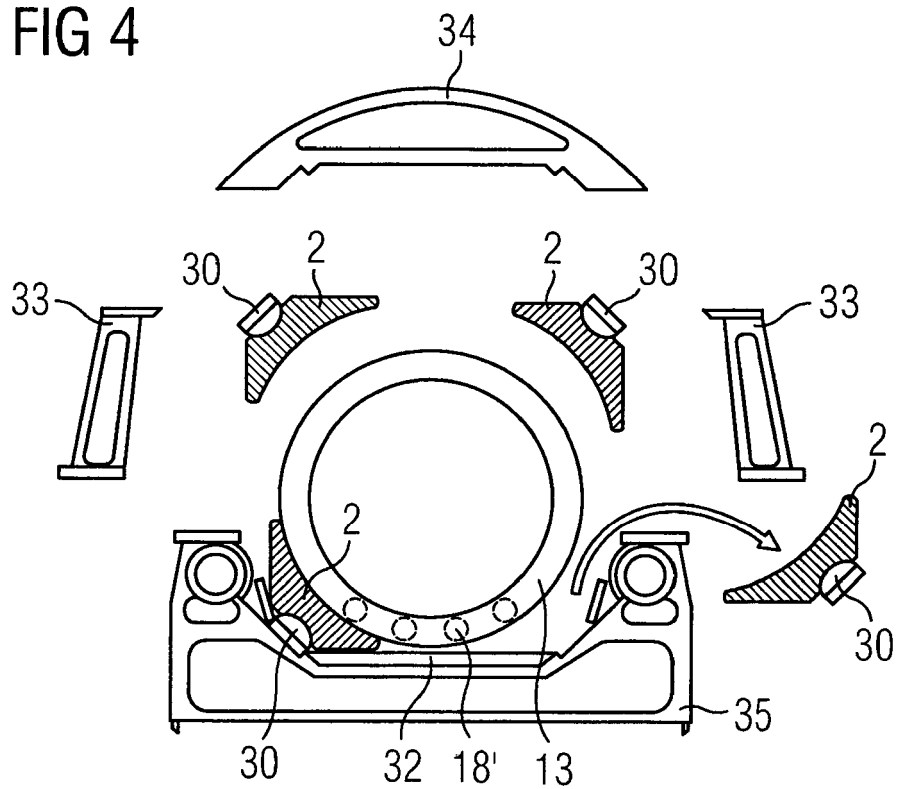


FIG 5

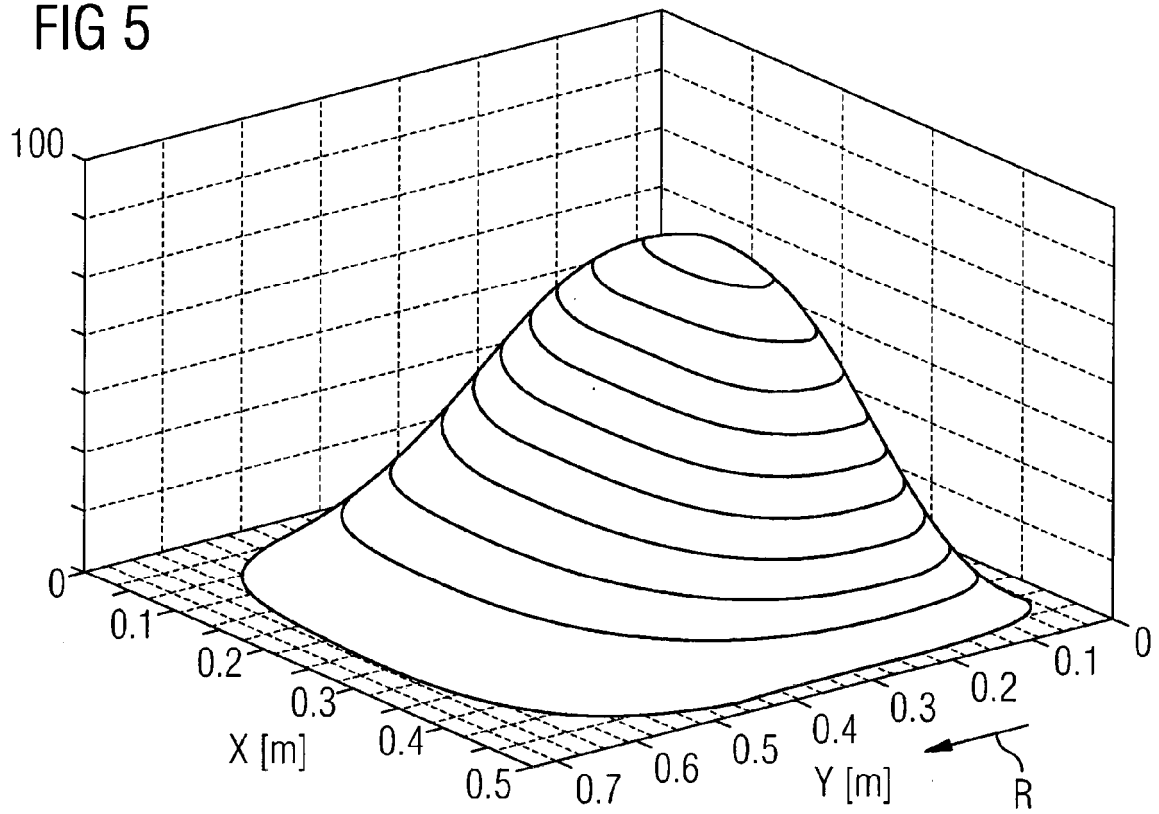


FIG 6

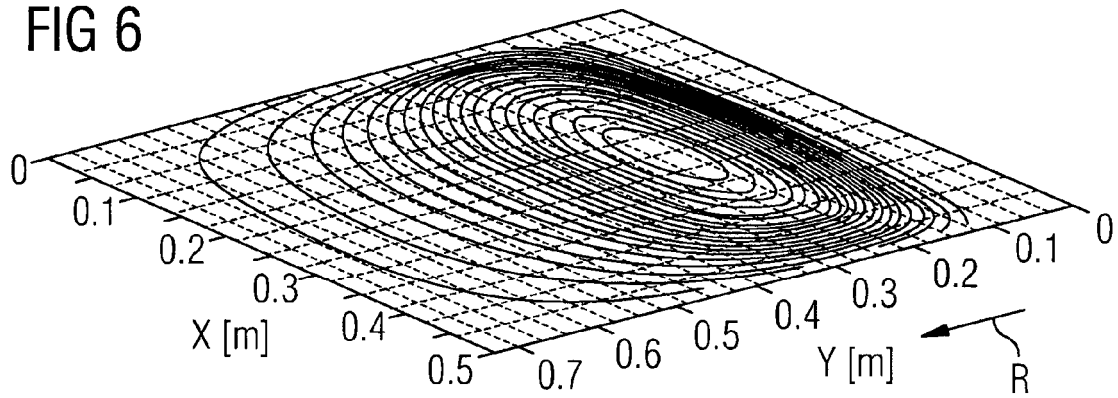


FIG 7

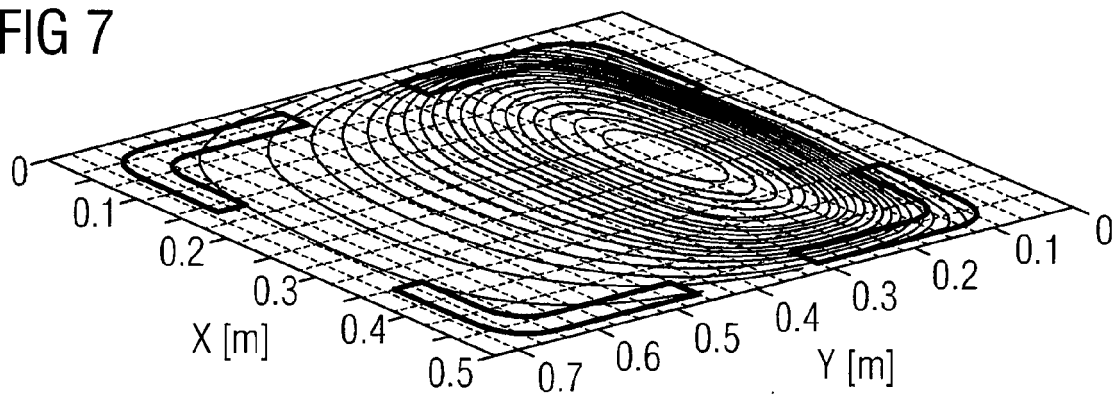


FIG 8

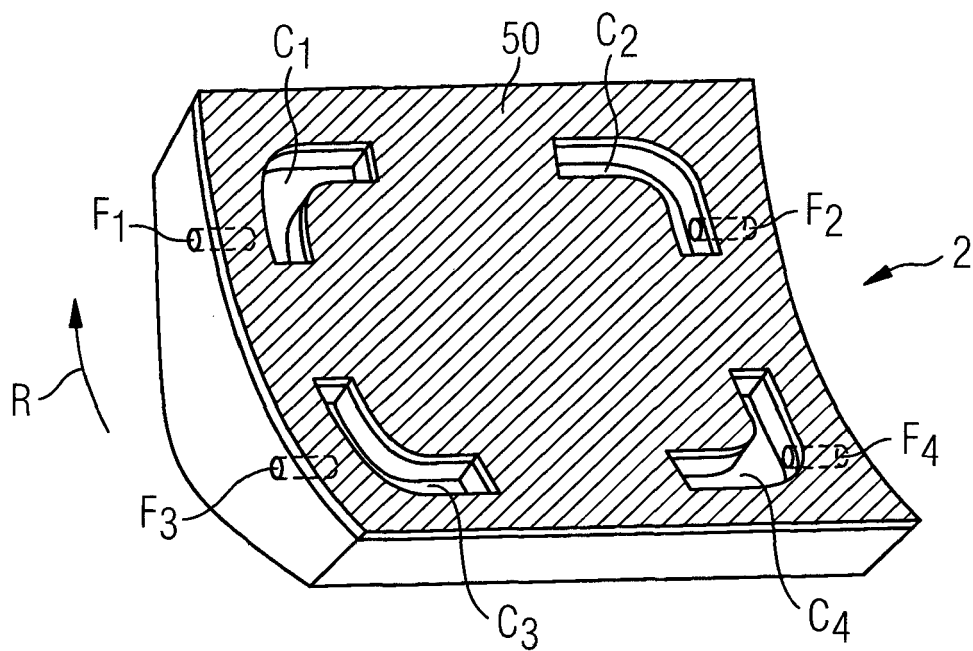


FIG 9

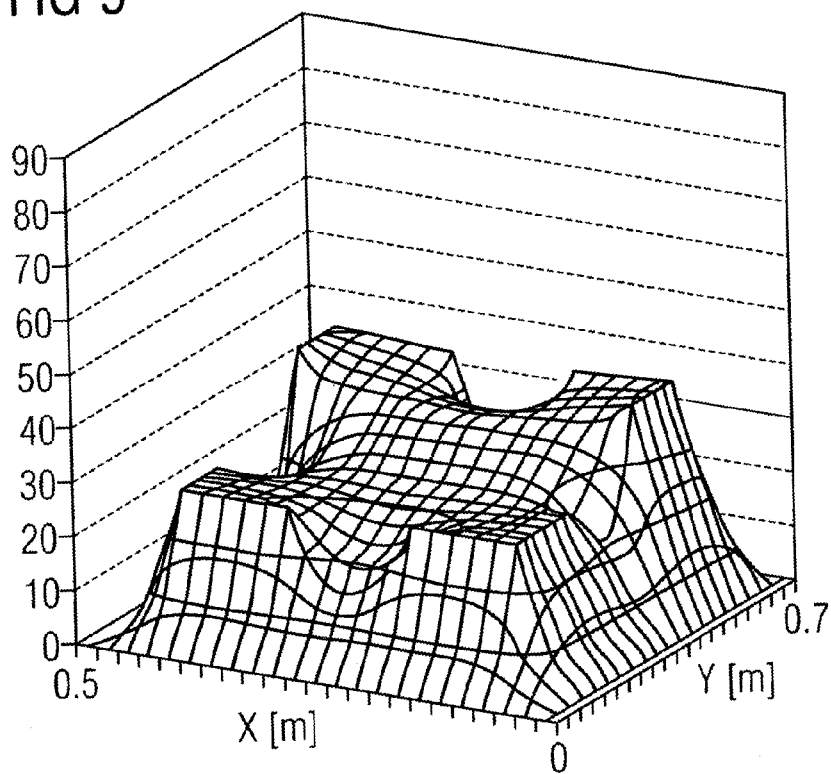


FIG 10

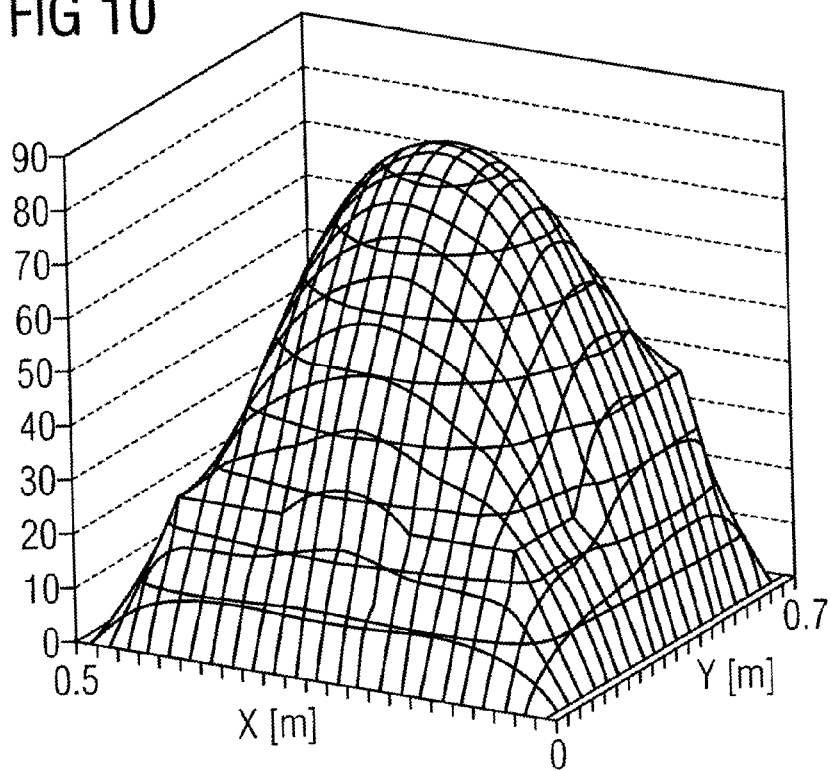


FIG 11

