



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 283 632**

⑤1 Int. Cl.:
F03D 7/02 (2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧6 Número de solicitud europea: **02793100 .5**

⑧6 Fecha de presentación : **20.12.2002**

⑧7 Número de publicación de la solicitud: **1456535**

⑧7 Fecha de publicación de la solicitud: **15.09.2004**

⑤4 Título: **Turbina de viento en posición de parada.**

③0 Prioridad: **20.12.2001 DE 101 62 942**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.11.2007

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.11.2007

⑦3 Titular/es: **GENERAL ELECTRIC COMPANY**
1 River Road
Schenectady, New York 12345, US

⑦2 Inventor/es: **Von Mutius, Martin**

⑦4 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

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

Turbina de viento en posición de parada.

La invención se refiere a un método para manejar una planta de energía eólica, con un rotor que tiene al menos dos palas de rotor, rotatorias en un plano de las palas de rotor, en torno a un eje común del rotor, a cada una de las cuales se puede hacer girar alrededor de un eje de giro de alineación aproximadamente paralela a su eje longitudinal, que es transversal, preferentemente aproximadamente perpendicular, al eje de rotor, en el que los ángulos de inclinación o configuración de las palas de rotor, se fijan con respecto al plano de palas del rotor, mediante hacerlas girar en torno un eje de giro, en función de la marcha, y en particular en función de las condiciones del viento, y se refiere a una planta de energía eólica manejada de acuerdo con tal método.

En general, las plantas de energía eólica comprenden una torre, una góndola en la punta de la torre, rotatoria alrededor de un eje de rotación alineado esencialmente en la dirección de la gravedad, y un eje rotatorio en torno un eje de rotor, alineado esencialmente perpendicular a la dirección de la gravedad. Durante el funcionamiento de tales plantas de energía eólica, la góndola y con esta también el plano de palas del rotor, pueden rotarse alrededor del eje de rotación alineado esencialmente en la dirección de la gravedad, para conseguir condiciones operativas óptimas en direcciones de viento variables. La velocidad rotacional de las plantas de energía eólica comunes, con configuraciones fijas del ángulo de inclinación de las palas del rotor, con respecto al plano de las palas del rotor, está limitada por el efecto de estancamiento.

Para mejorar las condiciones operativas las plantas de energía eólica, ya se ha sugerido el conseguir una adaptación a la dirección del viento, no solo mediante una rotación del plano de palas del rotor alrededor del eje de rotación alineado esencialmente en la dirección de la gravedad, sino también mediante hacer girar las palas individuales del rotor alrededor de un eje de giro alineado aproximadamente en paralelo a su eje longitudinal el cual es transversal, preferentemente aproximadamente perpendicular, al eje del rotor. A altas velocidades del viento puede impedirse daños en las plantas de energía eólica mediante ralentizar la rotación del rotor alrededor del eje, o alternativamente mediante detenerla por completo, y mediante hacer girar las palas individuales del rotor a una posición de estacionamiento predeterminada, en la que tienen tan poca resistencia como sea posible. Sin embargo, se ha demostrado que incluso después de poner el rotor en una posición de estacionamiento, puede producirse daños al propio rotor, a la góndola y/o a la torre, con cargas de viento elevadas.

La publicación DE 196 26 402 describe un método para inclinar las palas del rotor de una turbina de viento, en el caso de avería en la red de distribución, o de velocidades excesivas del viento. El método está adaptado para turbinas de viento en estancamiento, activas, por cuanto que en una primera etapa las palas del rotor son conducidas activamente una posición de estancamiento que tiene un ángulo de pala negativo. En una "posición de estacionamiento" final de las alas del rotor, todas las palas del rotor está en una posición abanderada. Con este objeto, las palas del rotor son inclinadas una tras otra, desde la posición de estancamiento a la posición abanderada. Así, las palas en la

posición de estancamiento frenan al rotor durante la inclinación de la otra pala del rotor.

La publicación EP 0 709 571 revela una posición de estacionamiento, para un rotor de viento con dos palas de una turbina de viento, en la que los extremos de la punta de ambas palas del rotor, pueden rotarse alrededor del eje longitudinal de las palas. El ángulo de inclinación de las palas del primero y el segundo rotor, es diferente en la posición de estacionamiento, de forma que solo una pala de rotor ejerce un par de fuerzas.

En una realización, los métodos aquí descritos reducen los daños a las plantas de energía eólica, a altas velocidades del viento.

En los métodos esto se soluciona mediante fijar, en la posición de estacionamiento del rotor, la configuración o ángulo de inclinación de, al menos, dos palas del rotor, en valores diferentes.

La invención está basada en el reconocimiento de que mediante llevar a cabo métodos conocidos, a cargas de viento elevadas, los daños observados no están provocados por la carga estática de la planta de energía eólica, sino que están provocados por la excitación de las vibraciones de las palas de rotor en las posiciones de estacionamiento, a través del flujo de viento. A la vista del diseño, uniforme por lo general, de las palas de rotor, la excitación de las vibraciones tiene como resultado oscilaciones acopladas con correspondientes fenómenos de resonancia, que provocan los daños observados.

Mediante fijar los diferentes ángulos de configuración para las palas de rotor, en la posición de estacionamiento, se consigue un desacoplamiento de las vibraciones en el plano de las palas del rotor, y de ese modo se consigue evitar los fenómenos de resonancia que se produce en otros casos lo que, finalmente, tiene como resultado la deseada reducción de daños a cargas de viento elevadas. En este contexto se menciona complementariamente que el fenómeno de las vibraciones acopladas, en el funcionamiento de las plantas de energía eólica, con ángulos de inclinación o configuración fijos, a altas velocidades rotacionales como se ha explicado arriba, ha sido por ejemplo discutido en la publicación EP 0 955 461 A2. En este documento se sugiere una solución a este problema, mediante un diseño constructivo diferente, de las palas de rotor de la planta de energía eólica. En comparación con esta solución, que es relativa al funcionamiento de las denominadas plantas en estancamiento, con un ángulo de configuración fijo de las palas del rotor, la solución inventiva a los problemas descritos arriba, cuando se funciona en las denominadas plantas de inclinación, con palas de rotor ajustables, es de construcción particularmente sencilla puesto que no necesita cambio ninguno en las palas del rotor, sino solo un correspondiente control del giro de las palas de rotor en la posición de estacionamiento. A la vista de esto, el método inventivo puede implementarse mediante adaptar plantas de energía eólica ya existentes, con un esfuerzo comparativamente pequeño, puesto que no es necesario el remplazamiento de las palas del rotor.

Adicionalmente se ha demostrado que en la posición de estacionamiento, cuando se aplica el método acorde con la invención, a pesar del incremento en la resistencia al viento de las palas del rotor en las desviaciones respecto a la posición de bandera, no se produce carga adicional apreciable de la torre, la góndola, ni la biela de transmisión.

En este contexto se ha demostrado que es especialmente útil que el ángulo de inclinación en la posición de estacionamiento, se fije a un valor de más de 90° para una pala del rotor, y se fije a un valor de menos de 90° para otra pala de rotor, puesto que estas generarían pares de fuerzas opuestos que impedirían tensiones excesivas del sistema de frenos que, en general, se utiliza para asegurar el rotor en la posición de estacionamiento.

A la vista de la reducción de cargas estáticas mediante asegurar simultáneamente el desacoplamiento deseado, cálculos de simulación con programas de simulación de aceptación general, para plantas de energía eólica que tienen un rotor con tres palas de rotor, han probado que es especialmente ventajoso que, en la posición de estacionamiento, el ángulo de inclinación de la primera pala del rotor se fije en un valor en el rango de 80 a 89°, preferentemente 85°, que el ángulo de una segunda pala de rotor se fije entre 88 y 92°, preferentemente a unos 90°, y el de una tercera pala de rotor en un valor entre 91 y 100°, preferentemente a unos 95°.

A la vista del incremento de la fiabilidad operativa mediante el uso del método acorde con la invención, especialmente se prefiere que los ángulos predeterminados de inclinación de las palas de rotor, se configuren automáticamente cuando se excede una velocidad de viento predeterminada.

Como puede deducirse a partir de las explicaciones anteriores, relativas a métodos acordes con la invención, una planta de energía eólica adecuada para llevar a cabo un método semejante, con un rotor que tiene al menos dos palas de rotor giratorias alrededor de un eje de rotor común, en un plano de las palas del rotor, un mecanismo de accionamiento para configurar los ángulos de inclinación de las palas del rotor con respecto al plano de las palas del rotor, y un dispositivo de control operativo para controlar el mecanismo de accionamiento, está caracterizada esencialmente porque el mecanismo de accionamiento para configurar los diferentes ángulos de inclinación para, al menos, dos palas de rotor, es controlable.

Incluso aunque la configuración de diferentes ángulos de inclinación con transmisiones de engranaje adecuadas, es posible también con un solo elemento accionador, en el contexto de esta invención se ha demostrado que es especialmente útil que el mecanismo de accionamiento tenga al menos dos elementos de transmisión, con los cuales puede fijarse los ángulos de inclinación de las palas del rotor, de forma independiente respectivamente.

Para incrementar la fiabilidad operativa de las plantas de energía eólica de acuerdo con la invención, hay un interruptor limitador operativo al alcanzar un ángulo de inclinación predeterminado con respecto al plano de las palas del rotor, asociado con cada pala del rotor. Cuando se activa el conmutador limitador, el elemento de accionamiento asociado con esta pala de rotor es desconectado, para asegurar que se alcanza la posición deseada de estacionamiento cuando hay una desconexión de emergencia, de la planta de energía eólica. Para esto, cada pala de rotor puede asociarse con una leva de control para activar el conmutador limitador, cuya posición con respecto a la pala del rotor puede seleccionarse de forma diferente para cada pala de rotor, en correspondencia con el ángulo de inclinación deseado de la respectiva pala de rotor.

Como puede deducirse de las explicaciones anteriores, las plantas de energía eólica acordes con la invención pueden fabricarse con pocos esfuerzos técnicos, simplemente mediante adaptar plantas existentes de energía eólica. De ese modo, se intercambia el dispositivo de control responsable de configurar el ángulo de inclinación de las palas de rotor, y/o se dispone de forma diferente las levas de control generalmente ya presentes para las palas de rotor individuales.

En la siguiente descripción se describirá algunos de los aspectos detallados indicados arriba, y otros más, de la invención, y se ilustrarán parcialmente con referencia a los dibujos. En estos:

la figura 1 muestra una vista frontal esquemática, de una turbina de viento;

la figura 2 muestra una vista superpuesta del lado de arriba, de la turbina de viento con palas del rotor en una disposición acorde con la invención;

la figura 3 muestra una vista en sección transversal, de una pala de rotor en reposo sobre un accionador de inclinación para una pala de rotor montada dentro del cubo;

la figura 4 muestra una primera disposición para un accionamiento de inclinación de la pala del rotor;

la figura 5 muestra una segunda disposición para un accionamiento de inclinación de la pala del rotor;

la figura 6 muestra una tercera disposición para un accionamiento de inclinación de la pala del rotor;

la figura 7 muestra una cuarta disposición para un accionamiento de inclinación de la pala del rotor;

la figura 8a muestra una vista lateral inferior, de una disposición de accionamiento hidráulico de inclinación;

la figura 8b muestra una vista frontal parcial, de una disposición de mecanismo hidráulico de inclinación;

la figura 9 muestra una vista lateral inferior, de una disposición de accionamiento de inclinación, conducido por correa dentada.

En la figura 1 se muestra una vista frontal esquemática, de una turbina de viento 1. Las tres palas de rotor 5 están dispuestas en un plano de las palas del rotor, alrededor del cubo de rotor 4, que está unido a la cabina o góndola 3, de la turbina de viento. El ángulo entre dos palas de rotor es igual, y en el ejemplo específico mostrado es de 120°. Las líneas A-A, B-B, C-C denotan la vista del lado superior a lo largo del eje de las palas del rotor. Estas vista se muestran de nuevo en la figura 2, que es una vista lateral superior de la torre de la turbina de viento. El eje del rotor 6 de la turbina es perpendicular al plano de la pala de rotor, en el que están dispuestas las palas del rotor. El cubo de rotor 4 es rotatorio, y está unido a la consola 3. Sobre el cubo de rotor 4 se muestra vistas en sección lateral, de la totalidad de tres palas de rotor a lo largo de líneas A-A, B-B y C-C. Cada vista en sección representa el momento en el que la respectiva pala de rotor alcanzado su posición superior.

En la posición de estacionamiento inventiva, mostrada en la figura 2, la pala de rotor A-A es aproximadamente paralela a la dirección del viento. Esto significa que la pala de rotor se fija a un ángulo de inclinación de aproximadamente 90°. Contrariamente a esto, el ángulo de inclinación de la pala de rotor B-B es menor de 90°, y el ángulo de inclinación de la pala de rotor C-C es mayor de 90°. De acuerdo con un aspecto de la invención, las desviaciones de las palas de rotor B-B y C-C respecto de la línea A-A, se oponen

mutuamente. Pueden ser de la misma magnitud, pero pueden también ser diferentes.

La figura 3 muestra una vista en perspectiva, de un reborde de soporte de la pala de rotor, del cubo del rotor, con una pala retirada. El accionador de inclinación 8, que está unido firmemente al cubo de rotor 4, está montado dentro del cubo. El elemento de transmisión 10 del accionador de inclinación 8, es una rueda dentada que interacciona con la llanta interna del engranaje del reborde 12. El reborde 12, que está firmemente sujeto a una pala de rotor, está localizado de forma rotatoria dentro del cubo de rotor 4. Así, el accionador de inclinación 8 permite un movimiento de giro de su correspondiente pala de rotor, mediante lo que el eje de giro de la pala de rotor es aproximadamente paralelo al eje longitudinal de la pala. La figura 3 muestra además un conmutador limitador 14, que es activado mediante la leva de control 16. En la realización específica mostrada, la leva de control 16 está conectada a un reborde rotatorio 12 de la pala del rotor. Se asume que la pala del rotor es girada en sentido horario. Así, en la figura 3 el extremo delantero 16a de la leva de control 16 ha pasado ya el conmutador limitador 14. El funcionamiento del conmutador limitador 14 interaccionando con la leva de control 16 se explica subsiguientemente en mayor detalle. En una primera etapa, se asume que la leva de control está localizada en una posición en la que aún no ha acoplado con el conmutador limitador. Si, por ejemplo, el reborde 12 de la pala del rotor se ve como un reloj, la leva de control 16 podría por ejemplo estar localizada aproximadamente entre las 4 y las 5 en punto. La activación del accionador de inclinación 8 provocará que la rueda dentada 10 rote y, por consiguiente, provoque que el reborde 12 gire en sentido horario hacia las 7 en punto. Después de que el extremo delantero de la leva de control 16a contacta con el conmutador limitador 14, el accionador de inclinación será desconectado. En función de la masa de la pala del rotor y la configuración de los diversos parámetros operativos, la pala del rotor no entrará en parada instantánea, sino que podría continuar moviéndose durante un breve intervalo. Esto no es obligatorio, sino que depende principalmente de la configuración del dispositivo de control que funciona con el accionador de inclinación. Por supuesto hay muchas otras formas conocidas, en el arte de las turbinas de viento, de activar o manejar conmutadores limitadores. Todas estas formas de manejar conmutadores limitadores pueden ser utilizadas dentro de la invención revelada. La figura 3 muestra solo un ejemplo de una posible realización. También en la figura 3, cada pala de rotor tiene su propio accionador de inclinación independiente. Alternativamente, en el arte es conocido el tener dos o más palas del rotor que son activadas por un mismo

mecanismo accionador. También es posible tener más de un accionador para cada pala.

Las figuras 4 a 7 muestran una variedad de opciones para disponer la pala de rotor 5, el accionador de inclinación 8 y el cubo de rotor 4, unos respecto a otros. Las figuras 4 a 7 son vistas del rotor en sección, perpendiculares al plano de las palas del rotor. El cubo de rotor 4 está unido al eje de rotor 6, del rotor. Una pala de rotor se extiende al lado izquierdo del cubo de rotor. La abertura 18 muestra la abertura del reborde, a un ángulo de 120°. Sobre esta abertura está unida la tapa del rotor, pero no se muestra en este bosquejo por simplificación. La pala de rotor mostrada, está conectada con el cubo de rotor 4. En la figura 4, la pala de rotor está unida a los lados internos de las aberturas 18 del cubo de rotor. El accionador de inclinación 8 está conectado a la pala de rotor 5, y su elemento de accionamiento 10 interacciona con una llanta de engranaje externo 20 del cubo 4. Entre el reborde de la pala del rotor y el reborde del cubo de rotor, al soporte 20 permite el movimiento rotacional de la pala del rotor.

En la figura 5, el extremo interno de la pala del rotor abarca una parte de proyección del cubo de rotor 4. En accionador de inclinación 8 está unido el cubo de rotor 4, y hace girar la pala del rotor mediante interaccionar con una llanta 20 de engranaje externo, de la pala del rotor 5. Alternativamente, el accionador de inclinación 8 puede disponerse dentro de una pala de rotor 4, e interacciona con una llanta 24 de engranaje interno, del cubo de rotor 4, como se muestra en la figura 6. La figura 7 muestra de nuevo una realización diferente, de un accionador de inclinación para una pala de rotor.

Las figuras 8a y 8b muestran accionadores hidráulicos de inclinación. El accionador hidráulico de inclinación 26 está conectado, en un extremo, con el cubo de rotor, y en el otro extremo el accionador hidráulico de inclinación 26 está conectado con una placa 28 de la pala de rotor. La disposición excéntrica de los accionadores hidráulicos de inclinación, provoca que la pala de rotor gire con respecto al cubo de rotor 4. La figura 9 muestra un accionador de inclinación conducido por correa dentada, que provoca que una pala del rotor que tiene un extremo interno que abarca una parte de proyección de un cubo de rotor, haga girar la pala de rotor alrededor del cubo de rotor 4.

De nuevo aquí, todos los accionadores de inclinación conocidos en el arte de las turbinas de viento, pueden ser utilizados para implementar la invención. De ese modo, solo es importante modificar la unidad de control, o parte de las piezas mecánicas, para que sea posible que el mecanismo de accionamiento fije el ángulo de inclinación, de al menos dos palas de rotor, en ángulos de inclinación diferentes.

REIVINDICACIONES

1. Un método para manejar una planta de energía eólica con un rotor que tiene al menos dos palas de rotor, rotatorias en un plano de las palas de rotor, alrededor de un eje común del rotor, a cada una de las cuales puede hacerse girar alrededor de un eje de giro de alineación aproximadamente paralela a su eje longitudinal, que preferentemente es aproximadamente perpendicular al eje del rotor, en el que se determina los ángulos de la inclinación o el ajuste de las palas del rotor, con respecto al plano de las palas del rotor, en función de las condiciones operativas, y en particular del viento, donde los ángulos de inclinación de al menos dos palas de rotor se fijan en valores diferentes, en una posición de estacionamiento del rotor donde la rotación del rotor en torno al eje del rotor es desacelerada, **caracterizado** porque el ángulo de inclinación en la posición de estacionamiento, se fija para una pala del rotor en un valor de más de 90°, y para otra pala del rotor en un valor de menos de 90°, de forma que se genera un par de fuerzas opuesto.

2. Método acorde con la reivindicación 1, para manejar una planta de energía eólica con un rotor que tiene al menos tres palas de rotor, **caracterizado** porque en la posición de estacionamiento, el ángulo de inclinación de la primera pala de rotor se fija en un valor en el rango de 80 a 89°, preferentemente en unos 85°, porque la segunda pala del rotor se fija en el rango de 88 a 92°, preferentemente en unos 90°, y porque la tercera pala del rotor se fija en un valor en el rango de 91 a 100°, preferentemente en unos 95°.

3. Método acorde con una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado** porque al excederse una velocidad de viento predeterminada, se fija automáticamente ángulos de inclinación predeterminados para las palas del rotor, para la posición de estacionamiento.

4. Planta de energía eólica (1), en particular para llevar a cabo un método acorde con una de las reivindicaciones precedentes, con al menos dos palas de rotor (5) rotatorias alrededor de un eje común del rotor (6), en un plano de las palas del rotor, un mecanismo de accionamiento (8; 10) para determinar los ángulos de inclinación de las palas del rotor, con respecto al plano de las palas del rotor, y un dispositivo de control, operativo para controlar el mecanismo de accionamiento, **caracterizada** porque el mecanismo de accionamiento es controlable para fijar los ángulos de inclinación para, al menos, dos palas de rotor en una posición de estacionamiento del rotor, en valores diferentes, donde el ángulo de inclinación en la posición de estacionamiento para una pala de rotor, se fija en un valor de más de 90°, y para otra pala de rotor en un valor de menos de 90°, de forma que se genera un par de fuerzas opuesto.

5. Planta de energía eólica acorde con la reivindicación 4, **caracterizada** porque el mecanismo de accionamiento tiene al menos dos elementos de accionamiento con los que se fija los ángulos de inclinación de dos palas del rotor, independientemente uno respecto de otro.

6. Planta de energía eólica acorde con la reivindicación 4 o la 5, **caracterizada** porque con cada pala de rotor (5) hay asociado un conmutador limitador (14), operativo al alcanzar un ángulo de inclinación predeterminado, y acoplado con el elemento de accionamiento asociado con la mencionada pala de rotor.

7. Planta de energía eólica acorde con la reivindicación 6, **caracterizada** porque hay una leva de control (16) para manejar el conmutador limitador (14), asociada con cada pala del rotor.

8. Planta de energía eólica acorde con las reivindicaciones 4 a 7, **caracterizada** porque la planta de energía comprende exactamente tres palas de rotor.

FIG 1

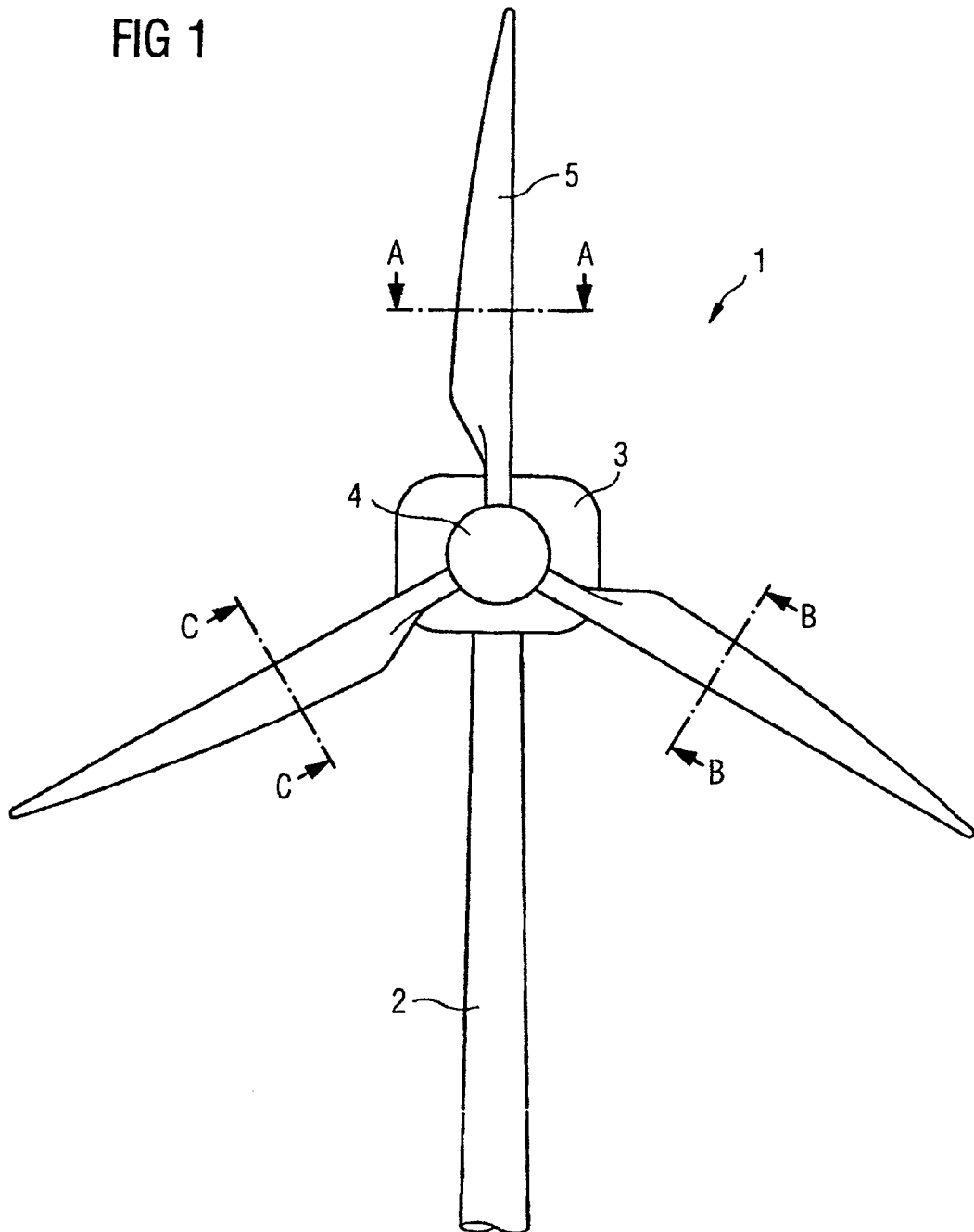
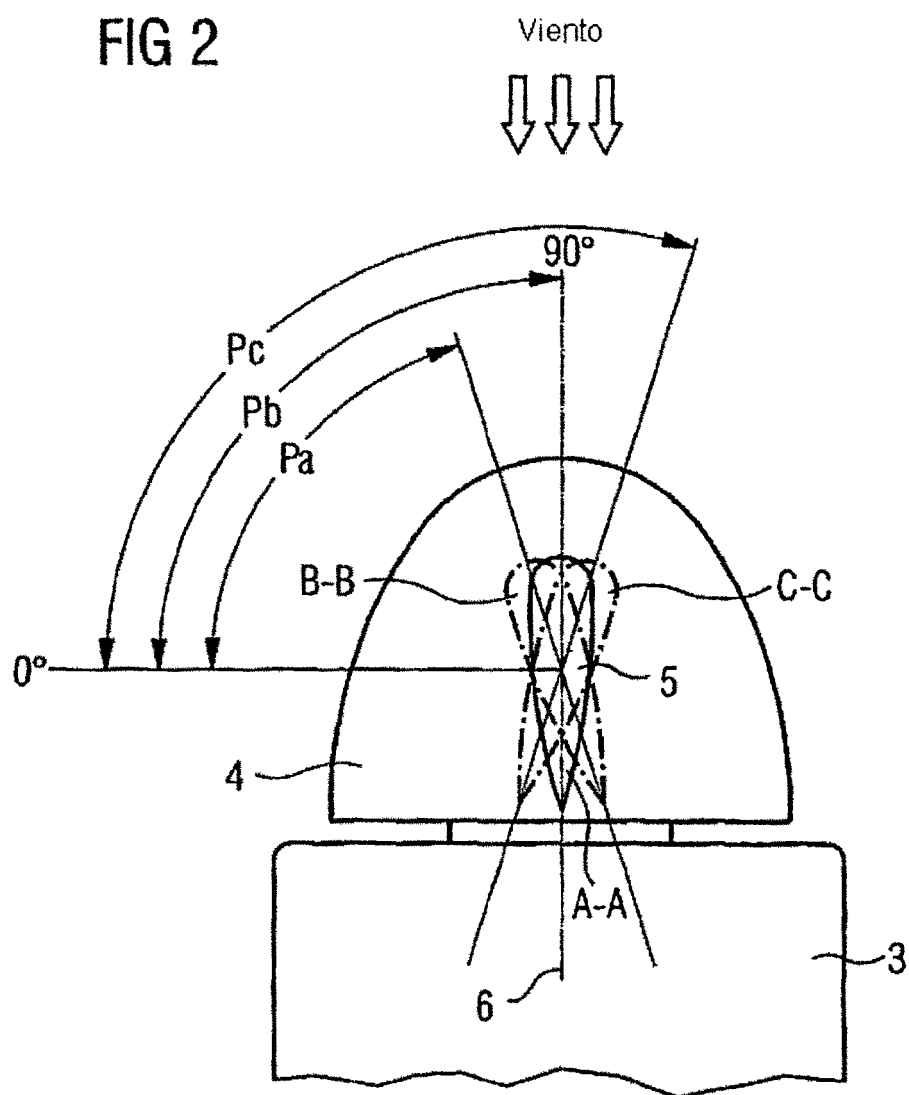


FIG 2



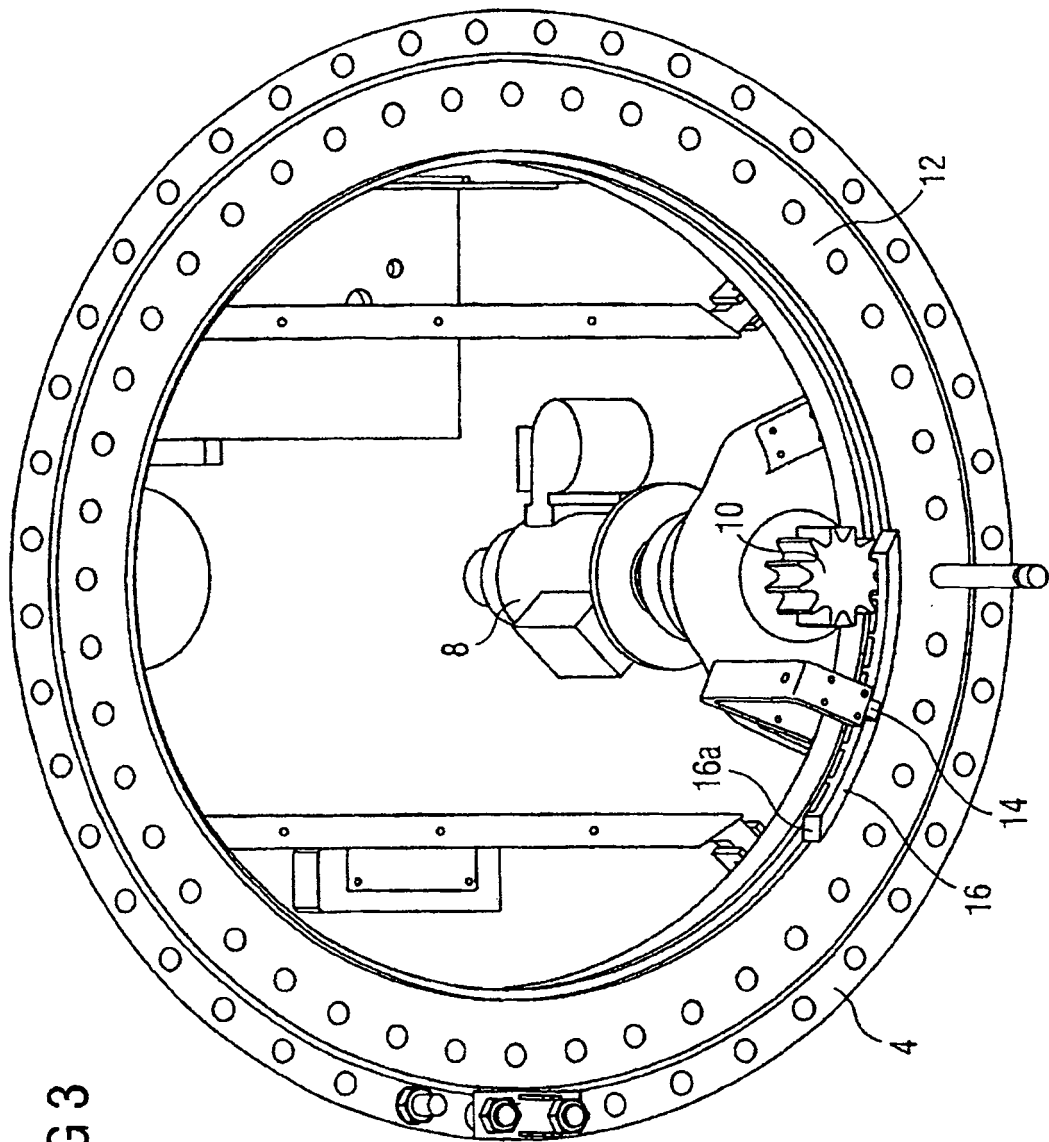


FIG 3

FIG 4

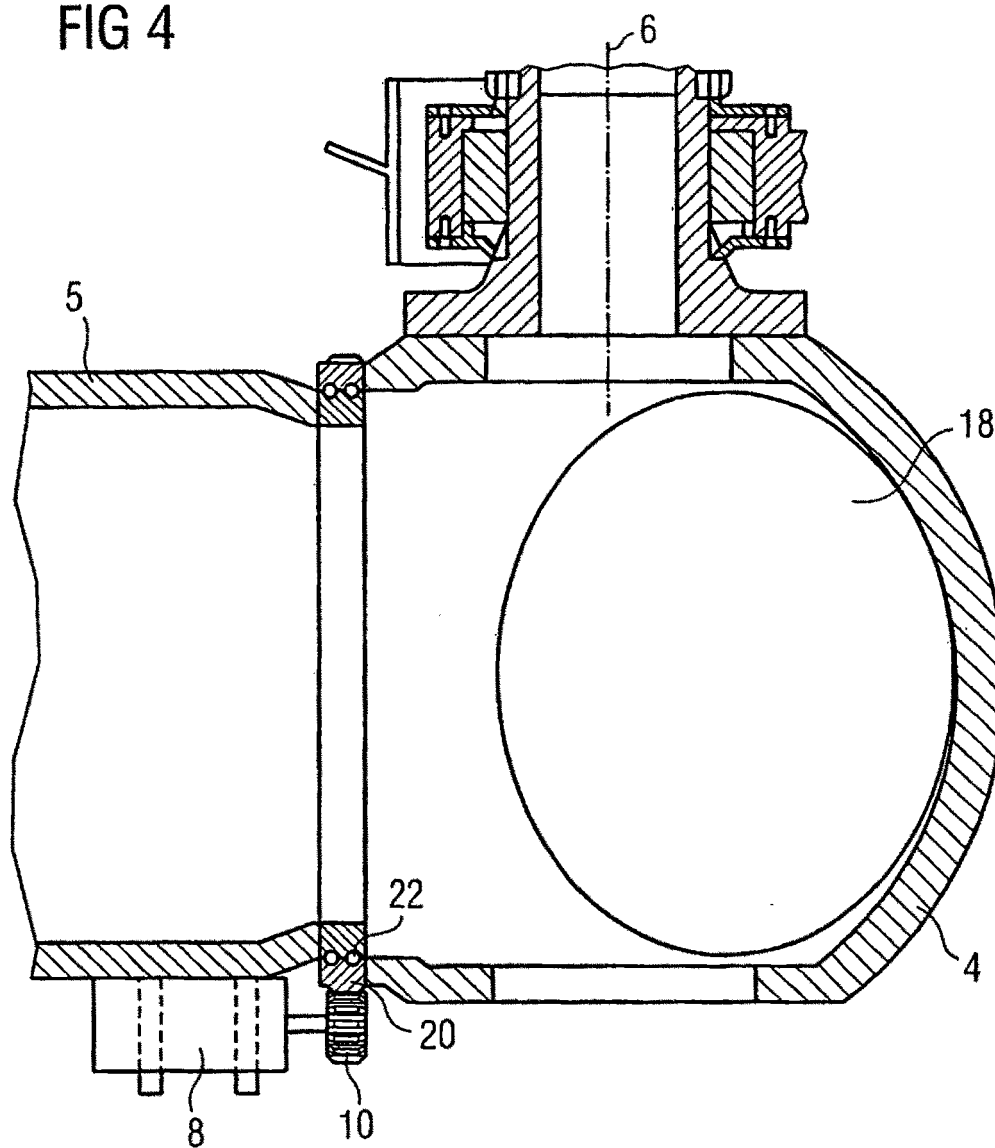


FIG 5

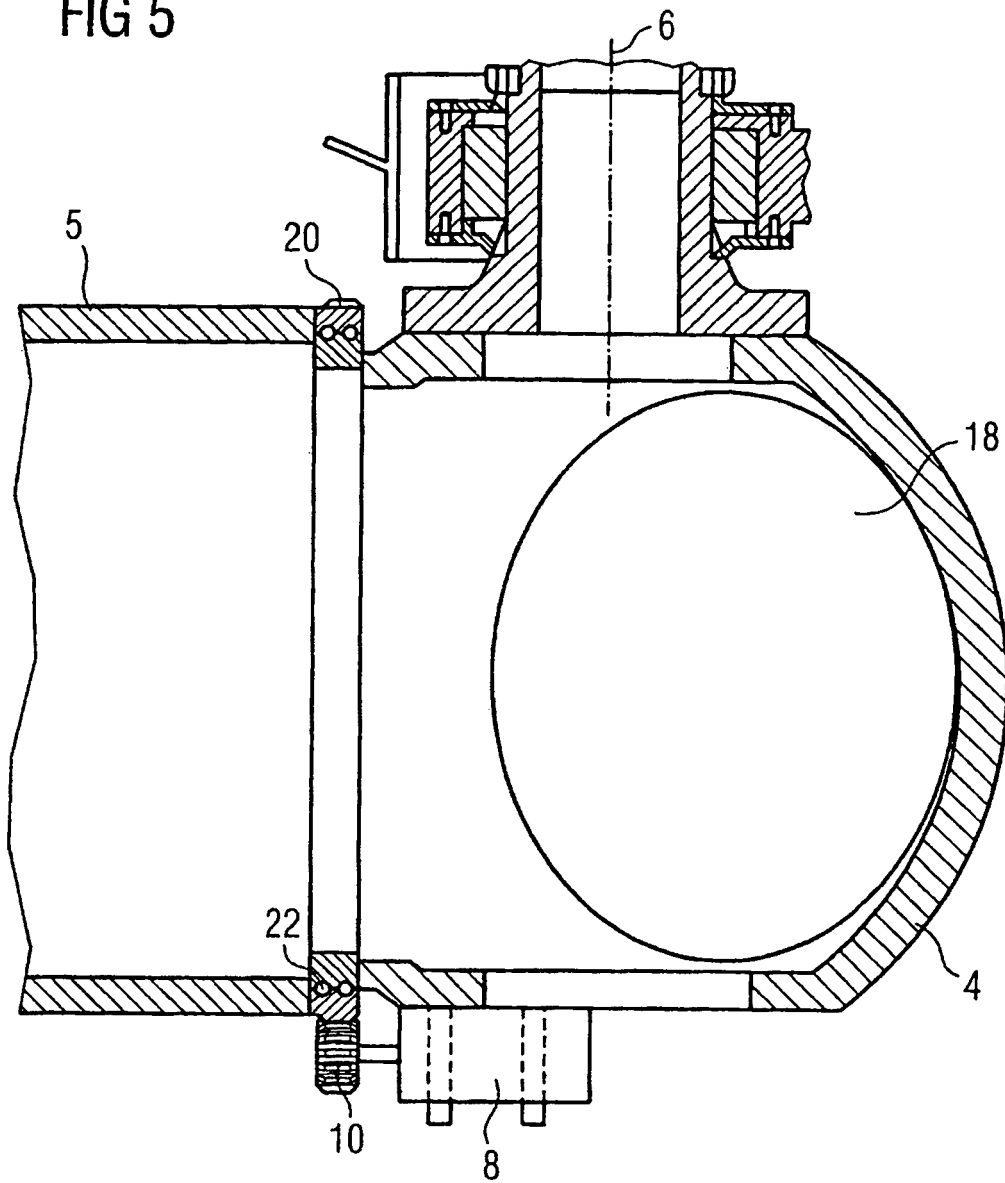


FIG 6

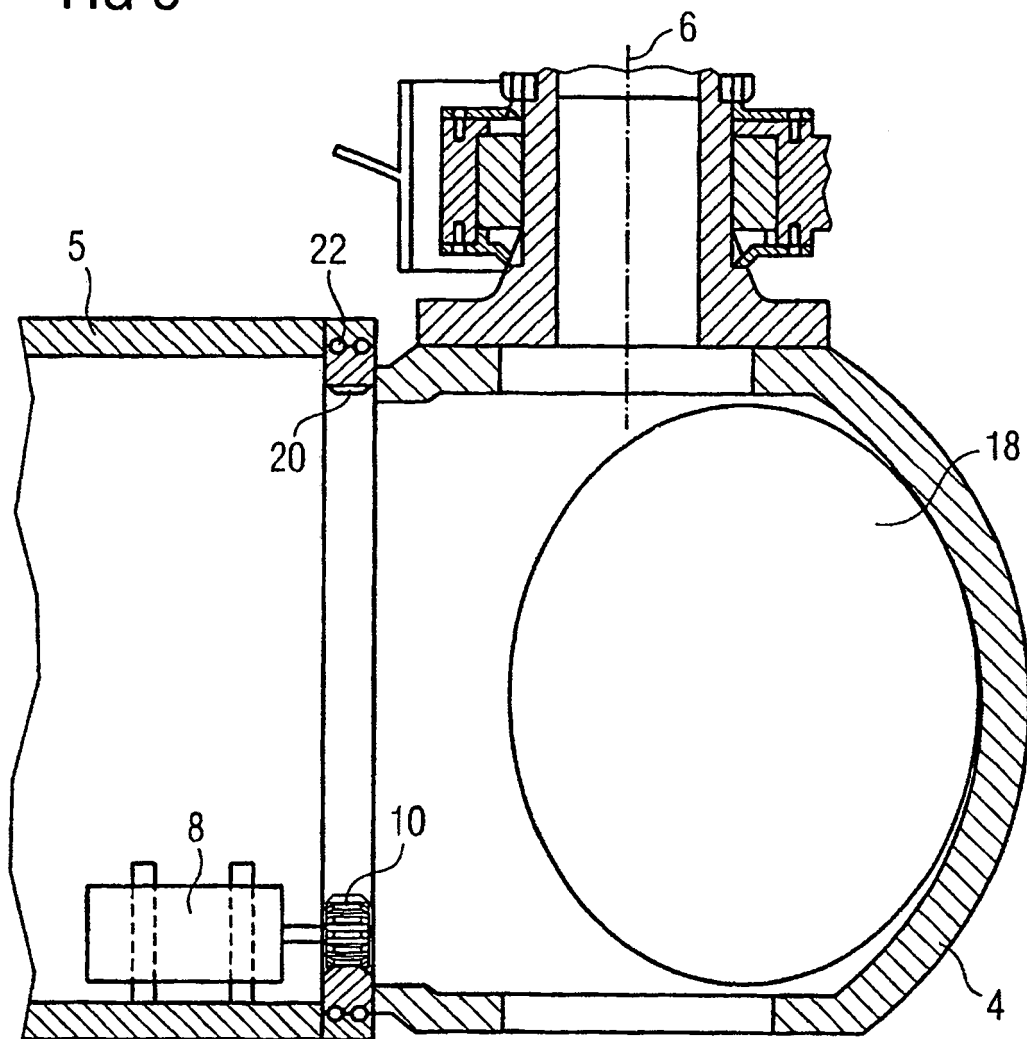


FIG 7

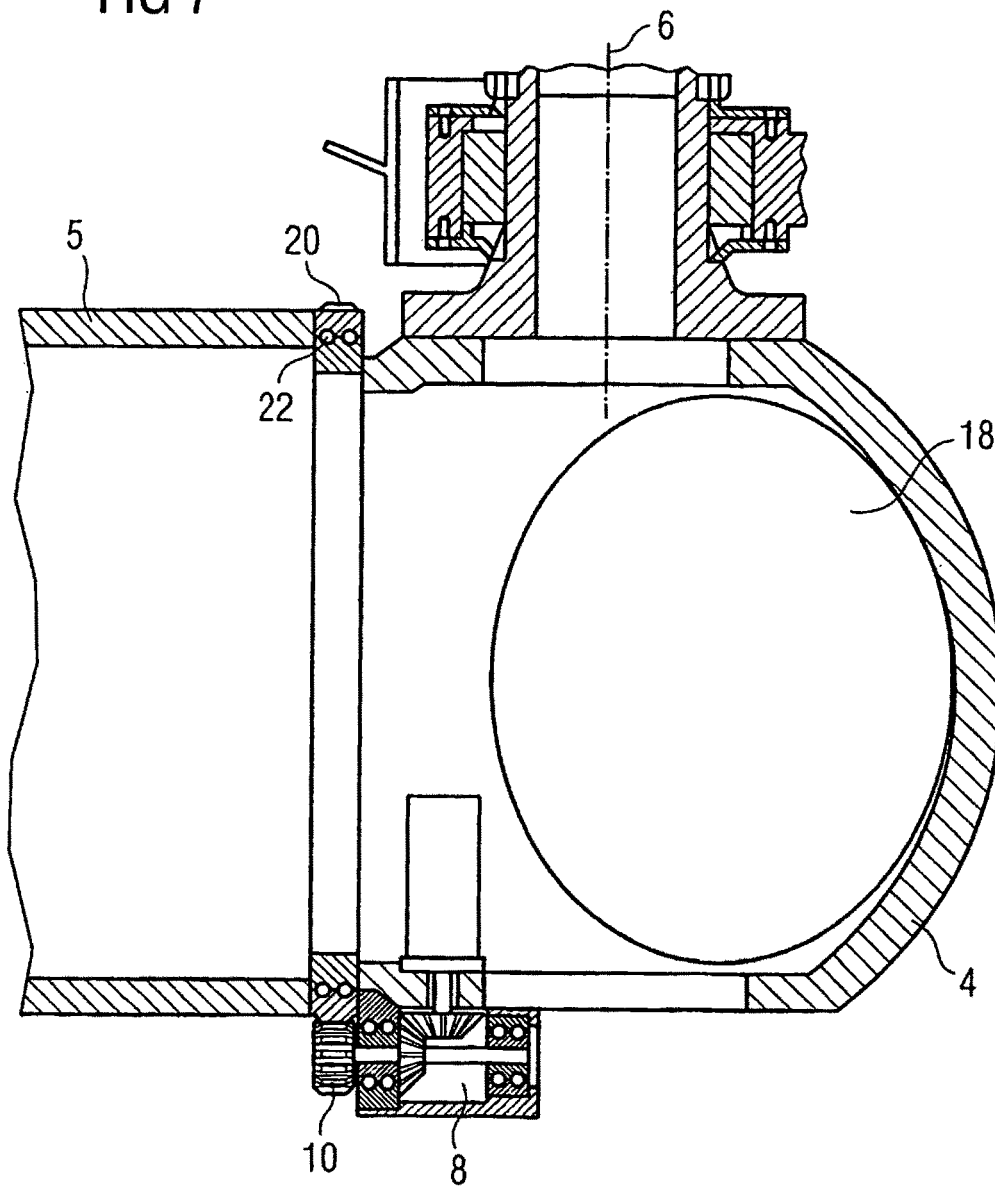


FIG 8a

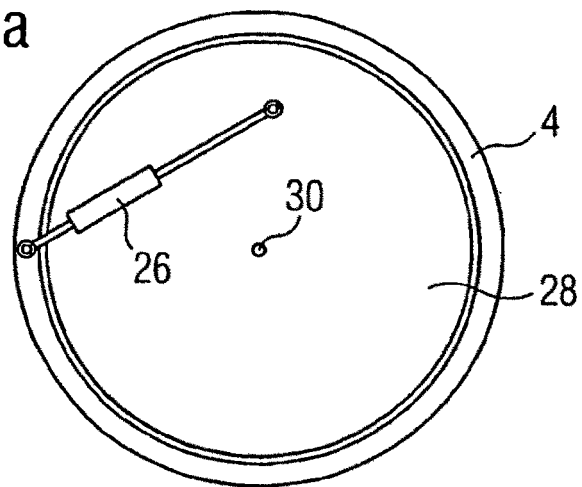


FIG 8b



FIG 9

