

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 567 075**

51 Int. Cl.:

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.12.2011** **E 11192208 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.03.2016** **EP 2463522**

54 Título: **Engranajes de paso**

30 Prioridad:

08.12.2010 GB 201020829

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

19.04.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ANDERSEN, JESPER LYKKEGAARD y
BECH, ANTON**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 567 075 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

Engranajes de paso

Campo de la invención

5 La figura 1 ilustra una turbina eólica 1, que comprende una torre 2 sobre la cual se monta una góndola 3. Al menos una pala 5 de la turbina se monta en un buje 6 para formar un rotor 4. El buje 6 se conecta a la góndola mediante un árbol de baja velocidad (no mostrado) que se extiende desde el frontal de la góndola. La turbina eólica ilustrada en la figura 1 puede ser un pequeño modelo destinado al uso doméstico o de iluminación, o puede ser un modelo grande, tal como aquellos que son adecuados para su uso en la generación de electricidad a gran escala en un parque eólico. En este último caso, el diámetro del rotor puede llegar a ser de 150 m o superior.

10 Las palas del rotor de turbinas eólicas se diseñan para extraer energía del viento en virtud de su forma aerodinámica, y la subsiguiente rotación inducida por el viento. Para turbinas eólicas de eje horizontal, las palas giran alrededor de un buje del rotor unido a una góndola montada sobre una torre de la turbina eólica, y la rotación del rotor gira un árbol de accionamiento conectado a su vez a un generador que produce electricidad. Para que las turbinas eólicas de eje horizontal funcionen eficientemente y extraigan la máxima energía del viento, la góndola de la turbina eólica y el eje
15 alrededor del cual gira el rotor de la turbina eólica presentan un ángulo frente al viento de la mayor extensión posible, de tal modo que el eje de giro del rotor esté alineado con la dirección del viento.

Las turbinas eólicas modernas controlan la carga en el rotor cabeceando las palas a favor y en contra del viento entrante. Las palas se cabecean para optimizar la salida o para proteger la turbina eólica de sobrecargas dañinas durante vientos elevados. La figura 2 muestra un conjunto de cabeceo conocido entre un buje 3 y una pala (no mostrada). El cojinete de paso 7 se sitúa entre el buje y la pala. Un engranaje 9 se forma en el cojinete de paso 7 y se aplica un par al engranaje para girar el cojinete de paso mediante un piñón 8. El piñón es girado por un actuador o motor, tal como un cilindro hidráulico o un motor eléctrico, para proporcionar el par para cabecear la pala y mantenerla en una posición dada. Tal conjunto de cabeceo permite que cada pala sea girada aproximadamente 90° alrededor de su eje longitudinal. La corona dentada 9 de los sistemas de turbinas eólicas anteriores comprende un único anillo que se extiende alrededor de la
20 totalidad o de parte del cojinete de paso 7.

El documento US2007/231137 A1 da a conocer un sistema de paso para obtener una carga uniforme en los cojinetes.

El documento US2003/129059 A1 da a conocer un sistema para cabecear palas individualmente respecto a otras.

Hemos apreciado que sería ventajoso proporcionar un sistema de paso mejorado.

Sumario de la invención

30 La invención se define en las reivindicaciones independientes a las cuales se hace ahora referencia. Características ventajosas se establecen en las reivindicaciones dependientes.

Modos de realización de la invención proporcionan un sistema/aparato para una pala del rotor de una turbina eólica. El sistema/aparato comprende un sistema de paso que comprende un cojinete unido a un buje de la turbina eólica y dispuesto para poder unirse a una pala del rotor de una turbina eólica. El cojinete permite que la pala del rotor gire con
35 relación al buje alrededor de su eje longitudinal. Dos o más engranajes de paso, preferiblemente coronas dentadas, se acoplan al sistema de paso, ya sea acoplándose al cojinete o al buje, estando separados los engranajes de paso a lo largo del eje de giro del cojinete. Un actuador, tal como un motor eléctrico o hidráulico, se dispone para acoplarse con los dos o más engranajes de paso, a través de uno o más piñones acoplados al actuador, y para provocar el giro de una pala del rotor con el cojinete. Tener dos o más engranajes de paso que se acoplan con un piñón común, o cada uno acoplado
40 con piñones separados, para girar la pala puede reducir el peso del engranaje de paso, ya que dos engranajes separados a lo largo del eje de giro del cojinete se pueden fabricar más ligeros que una única corona dentada, a la vez que cubren la misma longitud a lo largo del eje del cojinete.

El actuador provoca el giro de una pala del rotor con el cojinete mediante la aplicación de un par a, o ejerciendo un par sobre, los dos o más engranajes de paso por medio de los piñones. Los piñones aplican par generado por el actuador a
45 los cojinetes de paso acoplándose con los cojinetes de paso. En particular, unos dientes o surcos en los piñones se pueden acoplar con dientes o surcos correspondientes en los engranajes de paso. Mediante la aplicación de par se pretende significar que un piñón se acopla directamente con un engranaje de paso y aplica par directamente al mismo.

Los dos o más engranajes de paso se montan preferiblemente de modo que giren alrededor de un centro común, preferiblemente con los engranajes dispuestos para girar alrededor del eje de giro del cojinete y los dientes de cada
50 engranaje alineados con los dientes de los otros engranajes a lo largo de una línea sustancialmente paralela al eje de giro

del cojinete.

Uno o más de los engranajes de paso puede estar compuesto de un primer segmento y uno o más de otros segmentos, teniendo cada segmento una pluralidad de dientes para acoplarse con al menos uno de los uno o más piñones. Tener una pluralidad de segmentos discretos hace posible sustituir esos segmentos que han experimentado una mayor cantidad de desgaste durante el funcionamiento, evitando la necesidad de sustituir todo el engranaje. Preferiblemente, uno de los segmentos se extiende a lo largo de una distancia circunferencial menor que los otros segmentos, siendo este el segmento que experimenta la mayor cantidad de desgaste del cabeceo de la pala en el "intervalo operacional" para controlar la energía y velocidad del rotor cuando la turbina se está utilizando para extraer energía del viento entrante. Al menos el primer segmento se une, o se mantiene en su sitio, mediante fijaciones liberables, estando unido o acoplado a componentes del sistema de paso tales como el buje o el cojinete, y se extiende en una cantidad predeterminada a lo largo de la circunferencia del engranaje de paso. Esta cantidad predeterminada se determina preferiblemente basándose en el desgaste anticipado del engranaje de paso. El desgaste anticipado se refiere al desgaste en el engranaje de paso provocado por el piñón al moverse sobre la superficie del engranaje de paso. En particular, como se describe en lo que sigue, el piñón pasa la mayor parte del tiempo, cuando está en movimiento, moviéndose a lo largo de un intervalo relativamente estrecho de dientes en el engranaje de paso. Se realiza una determinación de las partes o posiciones del engranaje de paso con mayor probabilidad de estar sometidas a mayor desgaste que otras partes basándose en las regiones sobre las que se desplaza con mayor frecuencia el piñón. La cantidad predeterminada en la que se extiende la primera parte se puede considerar así un estimador, anticipación o predeterminación de una región de alto desgaste determinada antes de que esa región experimente desgaste por el engranaje de paso cuando está en funcionamiento en una turbina. El primer segmento puede así dimensionarse para extenderse sobre una región o parte del engranaje de paso que se espera que esté sometida a un alto desgaste, o a un desgaste mayor que el resto del engranaje de paso.

La unión entre un segmento y un segmento contiguo, tal como el segmento primero y el segundo, se puede desalinearse respecto a la unión entre un segmento correspondiente y el segmento contiguo, tal como el segmento primero y el segundo, del otro engranaje de paso. Esto evita que se aplique simultáneamente una alta carga a ambas regiones de unión. Además, la superficie del engranaje en la región de la unión entre dos segmentos se dispone para reducir la carga ejercida sobre la superficie del engranaje por el piñón, tal como reduciendo la altura de los dientes del engranaje con relación a otros dientes del engranaje de la superficie del engranaje en la región de la unión mediante mecanizado o lijado.

Preferiblemente al menos uno de los dos o más engranajes se monta de tal modo que puede girar con relación al eje de giro del cojinete independientemente del cojinete en una pequeña cantidad, tal como entre 1° y 5° o en correspondencia con la circunferencia de la corona dentada ocupada por un único diente en el engranaje. Esto permite ligeras variaciones en el alineamiento de las dos o más coronas dentadas al permitir algo de juego en el posicionamiento relativo de los engranajes.

Los engranajes de paso se pueden unir directamente al cojinete, preferiblemente con fijaciones liberables, o se pueden acoplar al cojinete mediante un reborde de modo que las coronas dentadas no estén en contacto directo con el cojinete. De nuevo, preferiblemente los engranajes se unen al reborde de acoplamiento mediante fijaciones liberables para permitir la sustitución de ajuste de los engranajes de paso. El reborde se conecta al elemento del sistema de paso y se dispone para dar soporte a los engranajes de paso de tal modo que estén separados del elemento del sistema de paso. Preferiblemente, el reborde soporta los engranajes de paso entre el eje de giro del cojinete de paso y la circunferencia del cojinete de paso. Preferiblemente, el reborde comprende una primera parte y una segunda parte, conectando la primera parte con el cojinete de paso y soportando la segunda parte a una distancia más próxima a la punta de la pala que el cojinete a lo largo del eje del cojinete, y la segunda parte se extiende en el espacio entre la circunferencia del cojinete y el eje de giro del cojinete.

Se puede proporcionar igualmente un subconjunto de paso, particularmente cuando la superficie del engranaje de paso se acopla con el buje en lugar de con el cojinete de paso, para su uso en el sistema de paso descrito anteriormente. El subconjunto de paso comprende un cojinete de paso que se puede unir tanto a un buje de la turbina eólica como a una pala de la turbina eólica. Los dos o más engranajes de paso se acoplan con el cojinete de paso y los engranajes de paso están separados a lo largo del eje de giro del cojinete. Se dispone un actuador para acoplarse con dos o más engranajes de paso, a través de uno o más piñones acoplados al actuador, para girar la pala del rotor en el cojinete mediante la aplicación de un par a, o ejerciendo un par sobre, los dos o más engranajes de paso a través de los piñones. Los piñones estarían soportados de tal modo que puedan provocar un giro relativo entre el buje y la parte relevante del cojinete, tal como estando soportados por su acoplamiento al buje.

De acuerdo con un segundo aspecto, modos de realización de la invención pueden proporcionar un sistema para una pala del rotor de una turbina eólica, comprendiendo el sistema un sistema de paso que comprende un cojinete de paso unido a un buje de la turbina eólica y que se puede unir a una pala del rotor de una turbina eólica. Dos o más engranajes de paso se acoplan con el sistema de paso, estando separados los engranajes de paso a lo largo del eje de giro del cojinete. Dos o más piñones se acoplan con actuadores respectivos, dispuestos los piñones para acoplarse con unos diferentes

respectivamente de los dos o más engranajes de paso para girar una pala del rotor sobre el cojinete. Ambos actuadores se montan directamente en, o se acoplan con, el mismo componente del sistema de paso, tal como el buje, el cojinete, la pala o el reborde de acoplamiento de la pala del tipo descrito aquí. Ambos actuadores están así acoplados eficazmente a una parte del cojinete, ya sea la parte de la pala o del buje del mismo.

5 Cuando se montan en el cojinete, ambos actuadores se acoplan preferiblemente con, o se montan en, el mismo anillo del cojinete.

Los dos o más piñones se sitúan entre sí preferiblemente en posiciones circunferenciales diferentes a lo largo del engranaje de paso.

10 Cualquier característica preferible del primer aspecto se puede combinar con el segundo aspecto, y cualesquiera características preferibles del segundo aspecto.

Modos de realización del segundo aspecto de la invención se pueden describir mediante las cláusulas encontradas en el anexo 1 al final de la descripción.

15 Un subconjunto de paso puede estar previsto igualmente para su uso en el sistema de paso del segundo aspecto, comprendiendo el subconjunto de paso un cojinete de paso, que se puede unir a un buje de una turbina eólica y a una pala de una turbina eólica, y dos o más engranajes de paso acoplados con el cojinete de paso, estando separados los engranajes de paso lo largo del eje de giro del cojinete. Dos o más piñones se acoplan con actuadores respectivos, dispuestos los piñones para acoplarse con unos diferentes respectivamente de los dos o más engranajes de paso para girar una pala del rotor sobre el cojinete. Ambos actuadores se puede montar directamente en, o se pueden configurar para acoplarse con, el mismo componente del sistema de paso, tal como el buje, el cojinete, la pala o el reborde de acoplamiento de la pala del tipo descrito aquí.

20 De acuerdo con un tercer aspecto, modos de realización de la invención proporcionan un sistema de control de paso para una pala del rotor de una turbina eólica. El sistema de control de paso comprende un cojinete unido a un buje de una turbina eólica y dispuesto para poderse unir a una pala del rotor de la turbina eólica. El cojinete permite que la pala del rotor gire con relación al buje alrededor de su eje longitudinal. Dos o más engranajes de paso, preferiblemente coronas dentadas, se acoplan con el sistema de control de paso, ya sea acoplándose al cojinete o al buje, estando separados los engranajes de paso lo largo del eje de giro del cojinete. Uno o más piñones, acoplados a uno o más actuadores, tales como un motor eléctrico o hidráulico, se disponen para acoplarse con uno o más de los dos o más engranajes de paso y para provocar el giro de una pala del rotor con el cojinete. El uno o más engranajes de paso se unen directamente a, se forman en, o se acoplan con, un elemento común del sistema de paso, y particularmente con el cojinete, el buje, o la pala.

25

30 Igualmente, los engranajes de paso están unidos o acoplados preferiblemente entre sí. Con ambos engranajes de paso acoplados con un lado del cojinete, ya sea el lado del buje o el de la pala, el (los) actuator(es) o piñón(es) se acopla(n) con el otro lado correspondiente del cojinete.

Tener el uno o más engranajes de paso acoplados con un elemento común del sistema de paso se puede aplicar al primer o al segundo aspecto de la invención. Igualmente, cualquier característica preferible del primer aspecto o del segundo aspecto se puede combinar con el tercer aspecto, y cualesquiera características preferibles del tercer aspecto.

35

Breve descripción de los dibujos

Modos de realización de la invención se describirán a continuación, tan solo a modo de ejemplo, y con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

la figura 1 es una vista frontal de una turbina eólica de eje horizontal;

40 la figura 2 es una ilustración esquemática que muestra un sistema de control de paso conocido;

la figura 3 es una sección transversal de una parte de un sistema de control de paso de una turbina eólica de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;

la figura 4 es una vista expandida de un conjunto de acoplamiento de pala mostrado en la figura 3;

45 la figura 5 es una vista expandida de los componentes del sistema de control de paso de la turbina eólica mostrado en la figura 3;

la figura 6 es un conjunto de piñón alternativo;

la figura 7 es una sección transversal de una parte de un conjunto de acoplamiento de pala y un conjunto de soporte de

engranaje alternativos;

la figura 8 es una sección transversal de una parte de una corona dentada que incorpora una característica adicional;

la figura 9 es un ejemplo de dos coronas dentadas en las cuales las uniones entre segmentos están desalineadas; y

5 la figura 10 muestra un ejemplo de una disposición en la que el engranaje de paso está acoplado con el buje en lugar de con el cojinete.

Descripción detallada de los modos de realización preferidos

10 La figura 3 muestra una sección del buje, pala y conexiones intermedias de una turbina eólica que incorpora un sistema/aparato de control de paso de acuerdo con un modo de realización de la presente invención. La figura 3 muestra generalmente un buje 51 unido a un cojinete de paso 52. Una pala 53 se acopla con el cojinete mediante un conjunto de acoplamiento de pala 70 que comprende un número de elementos. Se proporciona un sistema de actuador del anillo de paso, que comprende un motor síncrono de CA o motor hidráulico 125 para generar un par, y un piñón 54 y una corona dentada 57 para transmitir el par al cojinete 52 para girar la pala de la turbina alrededor de su eje longitudinal. El sistema de actuador de paso se acopla con el conjunto de acoplamiento de pala 70 mediante un reborde de montaje 56 unido a uno de los elementos del conjunto de acoplamiento de la pala.

15 El buje 51 se une a un cojinete de paso 52 del tipo descrito en la solicitud PCT nº WO2007/006301. La pala 53 se une o se acopla con el cojinete de paso 52. El cojinete de paso incluye al menos un anillo externo 58, al menos un anillo central 60 y al menos un anillo interno 59. El buje comprende una zona de montaje para cada una de las unidades de pala, comprendiendo la zona de montaje al menos dos superficies concéntricas de transferencia de carga 61/62 para unir la unidad de pala mediante el al menos un cojinete de paso. Las superficies de transferencia de carga pueden estar separadas por al menos un surco. El cojinete de paso se une al buje en las superficies de transferencia de carga mediante fijaciones, y preferiblemente fijaciones liberables, tales como tornillos, pernos o bulones.

20

25 La pala se puede unir al anillo central del cojinete de paso por medio del conjunto de acoplamiento de pala 70 que utiliza fijaciones tales como tornillos, pernos o bulones que se pueden extender dentro del surco entre las superficies de transferencia de carga 61/62. El conjunto proporciona una trayectoria directa para que las fijaciones pasen a través del cojinete de tal modo que las fijaciones puedan ser sustancialmente rectas, tales como un perno recto 75 fijado mediante una tuerca ya sea al extremo del cojinete o al extremo del reborde de acoplamiento de la pala.

30 La figura 4 muestra una vista ampliada del cojinete y la parte de pala de la figura 3. El conjunto de acoplamiento de la pala se muestra generalmente mediante la referencia 70 y se denominará como el reborde de acoplamiento de la pala. El reborde de acoplamiento de la pala conecta la pala 53 con el cojinete 52, que se extiende generalmente/sustancialmente en una dirección paralela al eje de giro del cojinete, y comprende al menos tres secciones principales. La primera sección es una parte de acoplamiento del cojinete 64 para acoplar el reborde 70 con el cojinete 52. La segunda sección es una sección intermedia 65 que se dispone con un ángulo respecto al eje de giro del cojinete, en lugar de ser sustancialmente paralela al mismo. La tercera sección es una parte de acoplamiento de la pala 69 para acoplar la pala o la raíz de la pala con el reborde de acoplamiento y por consiguiente con el cojinete. La sección intermedia se sitúa entre la parte de acoplamiento del cojinete y la parte de acoplamiento de la pala. Preferiblemente todas las secciones del reborde de acoplamiento de la pala se forman como una pieza integral. El reborde de acoplamiento de la pala, o sección intermedia, se extiende preferiblemente a lo largo de una línea que pasa a través del centro de la estructura del cojinete de paso, entre los anillos del cojinete interno y externo, y a través del centro de sustentación de la pala. Como resultado de proporcionar un reborde de acoplamiento con una sección intermedia 65 desviada es posible fijar la pala al buje mediante fijaciones situadas dentro de la estructura de acoplamiento de buje/pala de la turbina eólica.

35

40

45 La primera sección 64 se puede acoplar con el cojinete por medio de un elemento de acoplamiento 63 adicional situado entre el cojinete y la parte de acoplamiento del cojinete 64. Este elemento de acoplamiento adicional es parte del reborde de montaje 56, que sirve para acoplar el engranaje y el mecanismo de piñón 54/57 con el cojinete y se denominará como el reborde de montaje de la corona dentada. El reborde de montaje 56 se acopla con el propio anillo del cojinete al igual que la pala. El elemento 63 puede ser integral con la primera sección 64, y por consiguiente puede ser integral igualmente con todo el reborde de acoplamiento de la pala, que se puede formar como una única pieza. Es posible igualmente que el reborde de montaje 56 se una directamente a la primera sección 64.

50 La figura 5 muestra una ampliación del reborde de montaje de la corona dentada, cojinete y conjunto de engranaje y piñón. El reborde de montaje de la corona dentada comprende una primera parte 91 para acoplar el reborde con el cojinete de paso 52, y una segunda parte 92 que se extiende radialmente hacia dentro hacia el eje de giro del cojinete al cual se une la corona dentada. La primera parte se extiende a lo largo de la dirección desde el cojinete hasta la punta de la pala para soportar la segunda parte entre el cojinete y la punta de la pala. Preferiblemente la segunda parte se extiende hacia dentro con un ángulo sustancialmente perpendicular al eje de giro del cojinete, aunque es posible que la segunda

parte se extienda con un ángulo mayor o menor que es sustancialmente 90° para proporcionar una forma cónica con lados inclinados.

La figura 7 muestra una vista en sección transversal del reborde de montaje de la corona dentada, corona dentada y piñón a lo largo de la línea X-X de la figura 5, pero no muestra el conjunto de unión 98 descrito en mayor detalle a continuación.

5 La figura 7 muestra la primera parte 91 y la segunda parte 92 del reborde de montaje de la corona dentada configuradas como un anillo, centrado en el eje de giro del cojinete de paso. Estas se forman preferiblemente de modo integral como una única pieza, pero se podrían unir entre sí mediante un procedimiento adecuado tal como soldadura o utilizando pernos. La dimensión de la primera parte en la dirección del eje de giro del cojinete es preferiblemente mayor que la dimensión de la segunda parte de modo que la segunda parte está soportada a una cierta distancia más allá a lo largo del eje de giro del cojinete que el propio cojinete en relación a la punta de la pala, esto es, entre el cojinete y la punta de la pala. Esto permite que el reborde de montaje de la corona dentada acople el conjunto de corona dentada y piñón con el anillo central del cojinete de tres anillos. Esto garantiza asimismo que la segunda parte se extiende sobre las tuercas 67 que unen el cojinete al buje.

15 El reborde de montaje de la corona dentada se une a las coronas dentadas 97 mediante un número de conjuntos de unión 98. El conjunto de corona dentada se muestra como comprendiendo dos coronas dentadas coaxiales centradas en el eje de giro del cojinete de paso. Cada uno de los conjuntos de unión comprende un perno y una tuerca para retener las coronas dentadas en su posición, pasando el perno a través de un orificio en ambas de las coronas dentadas y el reborde de montaje de la corona dentada. Los conjuntos de unión se distribuyen alrededor de la circunferencia de las coronas dentadas/circunferencia interna del reborde. Un piñón 54 se acopla con las coronas dentadas 97. El piñón es accionado por un motor, tal como un motor síncrono AC o un motor hidráulico. El piñón se acopla igualmente al buje 52 mediante un soporte unido al motor.

25 El reborde de montaje de la corona dentada puede ser de acero o material similar, y puede estar fabricado del mismo material utilizado para el cojinete. La estructura de anillo del reborde de montaje garantiza que la segunda parte es rígida en las direcciones radial y circunferencial. La dimensión en la dirección axial se puede disponer de modo que el reborde sea relativamente más flexible en la dirección axial del cojinete A, visto en la figura 5, para permitir un movimiento lo largo de este eje. En turbinas comerciales a gran escala el espesor de la segunda parte en la dirección axial del cojinete puede estar entre 10 mm y 30 mm, preferiblemente entre 15 mm y 25 mm y más preferiblemente alrededor de 20 mm. La distancia axial entre el cojinete y la segunda parte del reborde de montaje de la corona dentada se determina por la extensión de la primera parte del reborde de montaje de la corona dentada y debe ser lo suficientemente grande para que el reborde se extienda sobre el perno que fija el anillo interno del cojinete al buje. Es preferible que la superficie del engranaje tenga un diámetro con relación al eje de giro del cojinete lo más grande posible, de modo que se maximice la ventaja mecánica. Así pues, la superficie del engranaje se debe situar en una posición que tiene una distancia radial al eje de giro del cojinete que es tan próxima a la distancia radial correspondiente del anillo interno del cojinete como sea posible. El reborde se puede disponer para soportar el engranaje en una posición tal que estas distancias radiales sean sustancialmente iguales, pero para turbinas grandes que tienen un diámetro de cojinete de, por ejemplo, 2 m hasta 35 alrededor de 6 m, puede ser suficiente que la segunda parte se extienda alrededor de 30 a 50 cm dentro de la estructura, en la dirección radial del cojinete.

40 La flexibilidad relativa del reborde de montaje de la corona dentada permite que la tensión en la corona dentada se distribuya y que se compensen tensiones irregulares. Para una corona dentada única el reborde de montaje de la corona dentada haría contacto con la corona dentada en el punto medio de su dimensión que se extiende en la dirección del eje de giro del cojinete de tal modo que una cantidad igual de longitud del diente del engranaje se extienda por encima y por debajo de la unión con el reborde de montaje. Una mayor tensión en cualquier lado de la corona dentada, es decir, en los lados superior e inferior por encima o por debajo del plano del reborde de montaje de la corona dentada con relación al eje de giro del cojinete, debido a una carga desigual o a fuerzas momentáneamente desequilibradas, provocará que el reborde de montaje de la corona dentada se flexione para compensar. Para coronas múltiples, como es el caso de la presente invención, el reborde de montaje soporta coronas, preferiblemente cualquier lado de las mismas, y compensa cambios en la distribución de carga entre las coronas flexionándose del mismo modo descrito para una única corona dentada.

50 Con el fin de inclinar la pala del rotor se genera un par por el motor y se transmite al piñón mediante el árbol del motor. El piñón gira y transfiere par a las coronas dentadas provocando que las coronas dentadas y la carga unida de la pala giren con el anillo intermedio del cojinete. El piñón puede girar en dirección horaria o contrahoraria.

55 Se debe apreciar que se puede acoplar más de un piñón con las coronas dentadas, cada uno con su propio motor de accionamiento, para reducir la cantidad de par que debe proporcionar cada motor. Los piñones se pueden distribuir alrededor de la circunferencia de las coronas dentadas, preferiblemente en intervalos regulares. Por ejemplo, se pueden utilizar tres piñones, cada uno situado a un tercio de distancia alrededor de la circunferencia de las coronas.

Las dos coronas están separadas por una distancia a lo largo de una línea paralela al eje de giro del cojinete. Una corona se acopla con el reborde de montaje de la corona dentada a cada lado, una se acopla en el lado de la pala y la otra en el lado del cojinete. Las dos coronas se extienden una distancia total X a lo largo de una línea paralela al eje del cojinete. El piñón se extiende asimismo aproximadamente la misma distancia a lo largo de la misma línea para evitar añadir un peso excesivo.

Las coronas se pueden montar de tal modo que haya un grado de elasticidad o juego en su posición con relación al reborde de montaje de la corona dentada. Las coronas dentadas pueden ser capaces de girar una pequeña cantidad con relación al cojinete, lo que significa que pueden girar una cierta cantidad sin provocar que el cojinete gire. Esto compensa cualquier desalineamiento entre los dientes de los dos engranajes debido a su posición de montaje en el reborde. La cantidad de juego podría ser pequeña, permitiendo que las coronas se muevan 1° - 5° o 1° - 3° con relación al reborde o entre sí. La cantidad ideal de juego requerida puede ser menor, correspondiendo aproximadamente a la distancia lo largo de la circunferencia de la corona dentada abarcada por un único diente. Esta flexibilidad se puede conseguir garantizando que las fijaciones proporcionan un grado de juego, por ejemplo mediante la disposición de los pernos de sujeción de tal modo que no necesiten ser apretados completamente y/o haciendo que los orificios de los pernos sea más grandes de lo necesario. Se puede proporcionar igualmente un acolchado adicional o lubricación para evitar un desgaste prematuro. De modo similar, las coronas pueden ser capaces igualmente de pivotar relativamente entre sí, alrededor de sus ejes de giro, de modo tal que puedan pivotar en la dirección de sus ejes de giro.

El piñón se muestra en posesión de una superficie de acoplamiento con la corona dentada que se extiende aproximadamente la misma distancia que las coronas dentadas a lo largo de una línea sustancialmente paralela al eje del cojinete. Sin embargo, modos de realización de la invención pueden proporcionar un piñón con dos o más superficies de acoplamiento con la corona dentada, cada una separada a lo largo del eje de giro del cojinete. La figura 6 muestra un piñón apropiado en acoplamiento con las coronas dentadas. Como se puede observar de la figura, el piñón tiene dos partes de acoplamiento de superficies 101 y 102. Efectivamente se proporcionan dos piñones 101 y 102, ambos unidos a, o formados sobre, un árbol del motor común.

En lugar de tener dos o más piñones formados sobre, o unidos a, un árbol del motor común es posible que cada piñón, desalineado a lo largo del eje de giro del cojinete con relación a otro piñón, se conecte a un motor independiente. Esto se podría lograr proporcionando un sistema de paso para una pala de rotor de una turbina eólica, comprendiendo el sistema de paso un cojinete de paso unido a un buje de la turbina eólica y que se puede unir a una pala del rotor de la turbina eólica. Dos o más engranajes de paso se acoplan al sistema de paso, estando separados los engranajes de paso lo largo del eje de giro del cojinete. Dos o más piñones se acoplan con actuadores respectivos, dispuestos los piñones para acoplarse con unos diferentes respectivamente de los dos o más engranajes de paso para girar una pala del rotor sobre el cojinete. Ambos actuadores se montan directamente sobre, o se acoplan con, el mismo componente del sistema de paso, tal como el buje, el cojinete, la pala o el reborde de acoplamiento de la pala del tipo descrito aquí. Cuando se montan en el cojinete ambos actuadores se acoplan con, o se montan en, el mismo anillo del cojinete. Los dos o más piñones se sitúan entre sí en distintas posiciones circunferenciales a lo largo del engranaje de paso. Como resultado, en lugar de tener una disposición del tipo mostrado en la figura 6, en la cual cada engranaje de paso es acoplado por distintos piñones sobre un árbol común de un actuador común, cada piñón se acopla en su lugar a un árbol separado de un actuador separado. Con el fin de adaptarse a esto, cada piñón está desplazado circunferencialmente del otro alrededor del engranaje de paso.

Es posible igualmente utilizar más de dos coronas dentadas, cada una separada por elementos separadores acoplados con las fijaciones del reborde. Se podrían proporcionar números correspondientes de superficies de acoplamiento del piñón si se requiere.

Como se mencionó anteriormente, en algunos modos de realización de la invención el engranaje puede comprender un primer segmento discreto y uno o más de otros segmentos discretos, teniendo cada segmento una pluralidad de dientes para acoplarse con un piñón. Cada segmento puede apoyar sobre uno o más de otros segmentos para formar una superficie continua del engranaje a lo largo de al menos una parte de la circunferencia del engranaje. Más preferiblemente, la superficie del engranaje cubre menos de la circunferencia total del engranaje. Preferiblemente, el primer segmento del engranaje se extiende a lo largo de una distancia circunferencial menor que la distancia circunferencial total de los otros segmentos del engranaje. Idealmente, el primer segmento se extiende a lo largo del engranaje en una cantidad dispuesta en correspondencia con el intervalo de giro necesario de las palas dentro del intervalo operacional cuando la turbina está extrayendo energía del viento entrante, de tal modo que, en uso, el piñón se acople solo con el primer segmento cuando las palas de la turbina se cabecean dentro del intervalo operacional. El primer segmento se puede extender a lo largo del engranaje para definir un segmento que tiene un ángulo, definido entre los radios que se intersectan que pasan a través de los extremos del segmento, de entre 4° y 60° . Más preferiblemente, el segmento tiene un ángulo entre 30° y 50° . Todavía más preferiblemente, el primer segmento tiene un ángulo de entre 30° y 35° . Los sistemas de cabeceo de palas de turbina pasan una gran parte del tiempo de funcionamiento cabeceando entre las posiciones de -2° y $+2^{\circ}$. Así pues, una disposición todavía más dirigida al objetivo específico podría proporcionar un segmento entre 4° y 10° situado de tan modo que sea contactado por el piñón cuando la pala esta cabeceando entre las posiciones de -2° y $+2^{\circ}$. Algunos o todos

los segmentos del engranaje se pueden acoplar con el buje mediante fijaciones retirables, tales como pernos o grapas, para permitir la sustitución de segmentos/sectores desgastados. El primer segmento puede comprender un material distinto de los otros segmentos, en el que el material del primer segmento es más resistente al desgaste que el material utilizado para los otros segmentos. El engranaje se puede acoplar con el cojinete mediante un reborde que se puede conectar al cojinete de paso y disponerse para soportar el engranaje entre el eje de giro del cojinete y la circunferencia del cojinete en uso. El reborde, en uso, se extiende preferiblemente en una dirección sustancialmente perpendicular al eje de giro del cojinete. El reborde puede comprender una primera parte y una segunda parte, y en uso la primera parte se puede conectar con el cojinete y soportar la segunda parte de tal modo que la distancia entre la segunda parte y la punta de la pala sea menor que la distancia entre el cojinete y la punta de la pala, a lo largo del eje del cojinete, y la segunda parte se extiende en el espacio entre la circunferencia del cojinete y el eje de giro del cojinete de paso.

La figura 8 muestra una corona dentada 14 que comprende al menos dos sectores o segmentos. Un primer sector 16 se extiende alrededor de la circunferencia interna del anillo interno del cojinete de paso 12 en un cierto número de grados. Un segundo sector 17 se sitúa junto al primer sector 16, y apoya preferiblemente en una unión 18. La extensión en la cual cada segmento se extiende alrededor de la circunferencia se puede definir por el ángulo formado entre los radios que conectan cada extremo del segmento con el eje de giro del cojinete, como se muestra en la figura 3. El primer sector cubre un ángulo alrededor de la circunferencia interna del cojinete de paso interno que corresponde a la cantidad de giro necesaria para las palas dentro del intervalo operacional. El primer sector se puede extender alrededor de la circunferencia interna del anillo interno del cojinete de paso en un ángulo entre 4° y 60°, preferiblemente entre 30° y 50°, más preferiblemente alrededor de 40°, y todavía más preferiblemente entre 30° y 35°. El segundo sector se puede extender alrededor de la circunferencia interna en un ángulo de entre 40° y 90°, preferiblemente entre 50° y 80°, y todavía más preferiblemente alrededor de 70°. Es posible proporcionar sectores adicionales para obtener una cobertura de hasta 360°, aunque no es habitualmente necesario que la corona dentada se extienda alrededor de la totalidad de la circunferencia para conseguir la cantidad de cabeceo necesaria. Aunque cada sector se podría subdividir en sectores adicionales, se prefiere utilizar la menor cantidad de sectores posible ya que la unión entre sectores vecinos es un punto débil potencial.

Cada uno de los elementos de corona dentada se puede acoplar con el reborde mediante fijaciones liberables tales que se puedan retirar segmentos individuales de la corona dentada. La pala del rotor se puede alinear de tal modo que el intervalo de paso relativamente estrecho necesario para controlar la potencia, conocido igualmente como el intervalo de control de potencia o intervalo operacional en el que la turbina está extrayendo energía del viento entrante, se realice mediante el piñón actuando sobre el primer sector de la corona dentada. El primer sector puede ser así más pequeño que los otros sectores.

Con el fin de girar la pala del rotor alrededor de su eje longitudinal, el piñón 15 se gira mediante un motor. El piñón se acopla con la corona dentada 14 y aplica una fuerza a la misma, provocando que la corona dentada y el anillo del cojinete 12 giren, junto con la pala, con relación al anillo del cojinete 11 y el buje. El piñón puede girar bien en dirección horaria o contrahoraria dependiendo de si el ángulo de paso de la pala debe aumentar o disminuir.

La pala del rotor se alinea de tal modo que el intervalo de paso relativamente estrecho requerido en el intervalo operacional necesario para controlar la potencia se realiza mediante los piñones actuando sobre los primeros sectores de la corona dentada. Así pues, el primer sector de la corona dentada puede ser conocido igualmente como el sector de control de potencia del anillo del cojinete. En el caso de que las palas necesiten ser cabeceadas en mayor proporción de lo habitualmente requerido en el intervalo de control de potencia, tal como durante la puesta en bandera, el piñón pasará sobre la unión 18 y actuará sobre segundo sector. El número de grados cubiertos por un sector en particular, esto es, el ángulo definido entre los radios que intersectan que pasan a través de los extremos del segmento, usualmente se corresponde directamente con el número de grados a lo largo de los que se puede cabecear la pala del rotor utilizando ese sector.

Como se mencionó anteriormente, la unión entre segmentos de la superficie del engranaje puede ser un punto débil potencial cuando el piñón pasa sobre la unión. Esto se puede mitigar desalineando uniones correspondientes en cada uno de los engranajes. La figura 9 muestra un ejemplo en el que las uniones están desalineadas. Se muestran partes de una primera corona dentada 101 y de una segunda corona dentada 102. Ambas coronas dentadas comprenden un número de segmentos correspondientes, por ejemplo cada corona dentada puede comprender un primer segmento para cabecear la pala en la región operacional y un segundo segmento para poner la pala en bandera. Cada corona dentada se dispone para ser acoplada por cualquiera de uno o más piñones comunes o piñones separados como se describió anteriormente, aunque los piñones no se muestran en la figura. Los dientes de los engranajes pueden estar alineados entre sí, pero cuando se utilizan piñones separados esto no es necesario. Las uniones 103 y 104 entre segmentos de cada una de las coronas dentadas están desalineadas de tal modo que, durante el cabeceo, el uno o más piñones no pasa sobre ambas uniones simultáneamente. Preferiblemente, la primera unión 103 y la unión 104 correspondiente están separadas por 5°-15°, y preferiblemente alrededor de 10°. El desalineamiento se puede conseguir haciendo que el primer segmento de una de las coronas dentadas sea más largo que el primer segmento en la otra, o desalineando segmentos de una longitud

sustancialmente igual.

Además, las propias superficies de los engranajes se pueden disponer de modo que la fuerza o carga sobre cada una, ejercida por el piñón, difiera a lo largo de la longitud de la superficie del engranaje. En particular, la superficie del engranaje se puede disponer para experimentar una carga reducida del piñón en la región de la unión entre segmentos.

5 Esto se puede conseguir alterando el perfil de los dientes en la región deseada, por ejemplo reduciendo la altura de los dientes por lijado o mecanizado de los mismos en la región en la que se debe reducir la carga. La reducción de carga puede variar entre una carga máxima y una carga mínima de un modo suave, por ejemplo, de un modo lineal, desde puntos predeterminados a cada lado de la unión para evitar un cambio brusco en la carga aplicada a la superficie del engranaje. A medida que un piñón se mueve sobre la superficie del engranaje la carga disminuiría así desde un primer valor comenzando en un primer punto predeterminado, alcanzando un valor mínimo sobre la unión, y aumentando de nuevo hasta el primer valor en un segundo punto predeterminado. Esto se puede lograr reduciendo la altura de los dientes del engranaje a cada lado de la unión de un modo correspondiente, por ejemplo de un modo lineal, que sería preferiblemente simétrico alrededor de la unión. Aunque la carga ejercida sobre una corona dentada se reduce a medida que el piñón pasa sobre la unión de esa corona dentada, la corona dentada desalineada correspondiente mantiene preferiblemente una carga completa.

Se han descrito modos de realización de la invención en relación con un cojinete de tres anillos que tiene un anillo interno, uno externo y uno central y estando la pala colectada al anillo central mediante el reborde de acoplamiento de la pala. Se apreciará que los modos de realización de la invención se pueden utilizar para conectar la pala con el anillo interno, el externo o ambos anillos, o se pueden utilizar en otros tipos de cojinetes, tales como un cojinete de dos anillos.

20 En particular, aunque la presente invención encuentra un uso particular en un conjunto de cojinete de tres anillos en el que se desea unir o acoplar la pala al anillo intermedio, la presente invención se puede utilizar con cojinetes diferentes, tales como un cojinete de dos anillos. La presente invención se puede incorporar en una corona dentada que se forma directamente en, o se une directamente a, un anillo del cojinete, tal como el anillo interno del cojinete similar a la disposición mostrada en la figura 2. El reborde de montaje de la corona dentada no sería necesario.

25 El término "corona dentada", utilizado a lo largo de la descripción, pretende hacer referencia al hecho de que los dientes del engranaje se forman en una estructura de anillo. No hay ningún requerimiento de que los dientes del engranaje se extiendan alrededor de la totalidad de la circunferencia del anillo; los dientes se pueden extender tan solo alrededor de una parte del mismo.

30 Cada uno de los segmentos de la corona dentada se puede acoplar con el reborde mediante fijaciones liberables tales que los segmentos individuales de la corona dentada se puedan retirar. La pala del rotor se puede alinear de tal modo que el intervalo de paso relativamente estrecho necesario para controlar la potencia, conocido igualmente como el intervalo de control de potencia, se realice mediante la actuación del piñón sobre el primer sector de la corona dentada. El primer sector puede ser así más pequeño que los otros sectores.

35 Se han descrito ejemplos en los cuales las coronas dentada se acoplan con el cojinete, y particularmente con la parte, o lado, del cojinete acoplada a la pala, con el piñón de accionamiento acoplado al buje, o con la parte, o lado, del cojinete acoplada al buje, de tal modo que el par del motor de paso se transfiere así al cojinete para provocar el giro relativo entre la pala y el buje. No obstante, es posible que las coronas dentadas se acoplen con el buje, o con la parte del cojinete acoplada con el buje, en su lugar, estando el piñón, o piñones, acoplado al cojinete, y particularmente a la parte del cojinete acoplada con la pala. Se debe entender que, generalmente, para generar un giro relativo entre la pala y el buje, el piñón o piñones, o actuador o actuadores, deben acoplarse a uno del lado del buje o de la pala del cojinete, con los engranajes de paso acoplados con el lado opuesto. El cojinete se puede considerar así que tiene lados o partes que pueden girar relativamente entre sí para efectuar el giro relativo entre los dos elementos acoplados a cada lado o parte. La figura 10 muestra un ejemplo de tal disposición alternativa, en la que el piñón 1154 se acopla con el cojinete 1152 por medio del motor 1155, que se une al cojinete mediante medios de soporte 1158. Los medios de soporte se podrían unir directamente al cojinete o se pueden acoplar con, o parte de un reborde de acoplamiento de la pala en una disposición similar al acoplamiento del reborde del engranaje de paso descrito anteriormente. El engranaje de paso 1157 se acopla de modo liberable al buje, con un reborde de montaje del engranaje 1156 que se extiende radialmente hacia dentro hacia el eje de giro del cojinete de paso. El reborde de montaje del engranaje 1157 puede tener las mismas características descritas para los modos de realización en los que los engranajes de paso se acoplan con el cojinete, aunque se apreciará en este ejemplo que la parte 91 mostrada en la figura 5 no será necesaria, ya que el reborde se puede acoplar directamente con el buje.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para una pala (53) del rotor de una turbina eólica, comprendiendo el sistema:
 - un sistema de paso que comprende un cojinete de paso (52) unido a un buje (51) de una turbina eólica y que se puede unir a dicha pala del rotor de la turbina eólica;
- 5 - dos o más engranajes de paso (57) acoplados al sistema de paso, estando separados los engranajes de paso a lo largo del eje de giro del cojinete;
caracterizado porque dicho sistema comprende además
 - un actuador (55) dispuesto para ejercer un par sobre los dos o más engranajes de paso a través de uno o más piñones (54) acoplados con el actuador para girar dicha pala del rotor sobre el cojinete.
- 10 2. Un sistema según la reivindicación 1, en el que los dos o más engranajes de paso son coronas dentadas montadas de modo que giren alrededor de un centro común alrededor del eje de giro del cojinete.
3. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que los dientes de cada engranaje se alinean con los dientes de los otros engranajes a lo largo de una línea paralela al eje de giro del cojinete.
- 15 4. Un sistema según cualquier reivindicación anterior, en el que uno o más de los engranajes de paso comprenden un primer segmento (16) y uno o más de otros segmentos (17), teniendo cada segmento una pluralidad de dientes para acoplarse con el al menos uno de los uno o más piñones.
5. Un sistema según la reivindicación 4, en el que un segmento del uno o más engranajes de paso se extiende a lo largo de una distancia circunferencial menor que los otros segmentos.
- 20 6. Un sistema según la reivindicación 4 o 5, en el que la unión (18) entre un segmento y un segmento contiguo está desalineada respecto a la unión entre un segmento correspondiente y un segmento contiguo de otro engranaje de paso.
- 25 7. Un sistema según la reivindicación 4, 5 o 6, en el que la superficie del engranaje en la región de unión entre dos segmentos está dispuesta para reducir la carga ejercida sobre la superficie del engranaje por el piñón, en donde los dientes del engranaje de la superficie del engranaje en la región de la unión son de altura reducida con relación a otros dientes del engranaje de la superficie del engranaje.
8. Un sistema según cualquier reivindicación anterior, en el que al menos uno de los dos o más engranajes de paso se monta de tal modo que pueda girar con relación al eje de giro del cojinete independientemente del cojinete en una cantidad predeterminada, la cantidad de giro independiente del cojinete corresponde al arco ocupado por un único diente del engranaje de paso.
- 30 9. Un sistema según cualquier reivindicación anterior, en el que el uno o más engranajes de paso pueden pivotar relativamente entre sí.
10. Un sistema según cualquier reivindicación anterior, en el que los engranajes de paso se acoplan con el cojinete mediante fijaciones liberables.
- 35 11. Un sistema según la reivindicación 10, en el que los engranajes de paso se unen al cojinete y se mantienen en su sitio mediante una o más fijaciones comunes, que comprenden, por ejemplo, pernos recibidos en orificios en el cojinete que pasan a través de rebordes en las ruedas dentadas.
- 40 12. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que los engranajes de paso se acoplan con un elemento del sistema de paso, y preferiblemente con el cojinete, mediante un reborde, estando conectado el reborde al elemento de sistema de paso y estando dispuesto para soportar los engranajes de paso de tal modo que estén separados del elemento del sistema de paso; soportando el reborde los engranajes de paso entre el eje de giro del cojinete de paso y la circunferencia del cojinete de paso; comprendiendo el reborde una primera parte y una segunda parte, conectando la primera parte con el cojinete de paso y soportando la segunda parte a una distancia más próxima a la punta de la pala que el cojinete a lo largo del eje del cojinete, y extendiéndose la segunda parte dentro del espacio entre la circunferencia del cojinete y el eje de giro del cojinete.
- 45 13. Un sistema según la reivindicación 12, en el que los engranajes de paso se unen al reborde mediante una o más fijaciones comunes tales como un saliente que se extiende a través de orificios en los engranajes de paso y el reborde y se fijan a cualquier extremo.

- 5 14. Un sistema según cualquier reivindicación anterior, en el que los dos o más engranajes de paso se unen directamente a, o se acoplan con, un elemento común del sistema de paso o con la pala, de tal modo que los engranajes de paso se acoplen bien con el lado del buje o con el lado de la pala del cojinete, acoplándose los piñones con el otro lado correspondiente del cojinete, los dos o más engranajes de paso estando unidos o acoplados preferiblemente entre si.
15. Una turbina eólica (1) que comprende uno o más de los sistemas de acuerdo con cualquier reivindicación anterior.
16. Un subconjunto de paso para su uso en el sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14 que comprende:
- 10 - un cojinete de paso (52), que se puede unir a un buje (51) de una turbina eólica y a una pala (53) de una turbina eólica; y dos o más engranajes de paso (57) acoplados al cojinete de paso, estando separados los engranajes de paso a lo largo del eje de giro del cojinete; y
- un actuador (55) dispuesto para ejercer un par sobre los dos o más engranajes de paso a través de uno o más piñones (54) acoplados con el actuador para girar una pala del rotor sobre el cojinete.

15

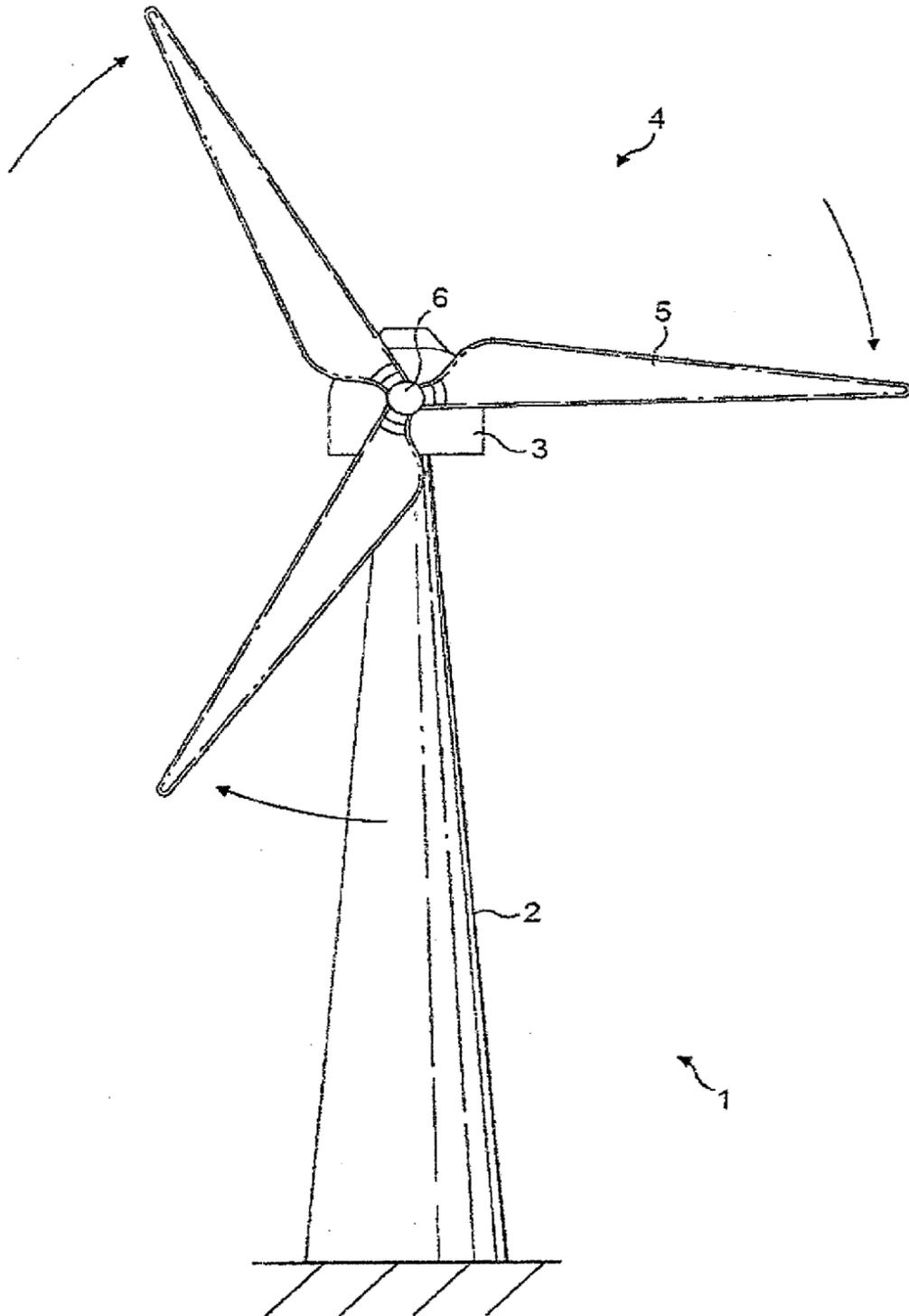


FIG. 1

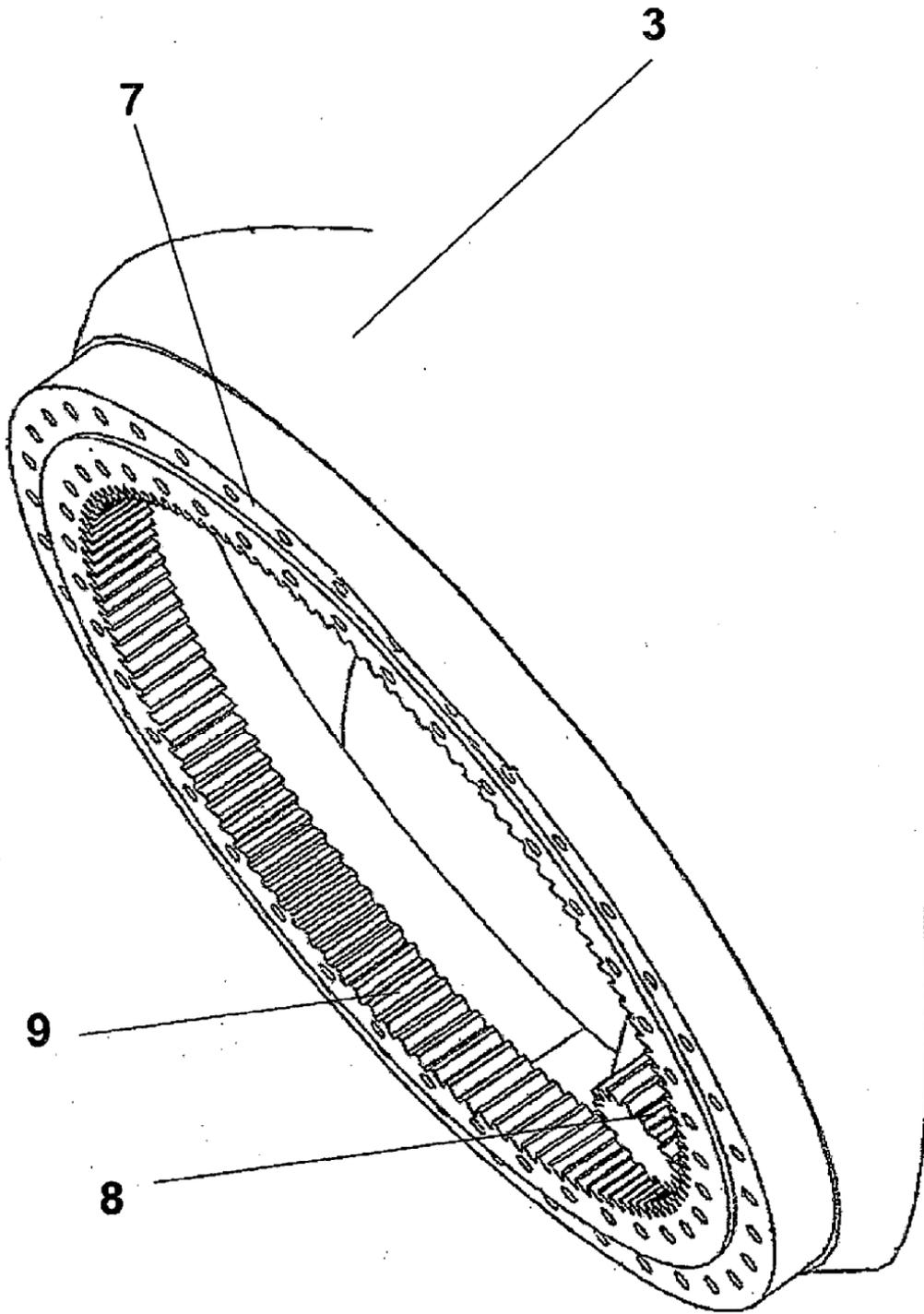


FIG 2

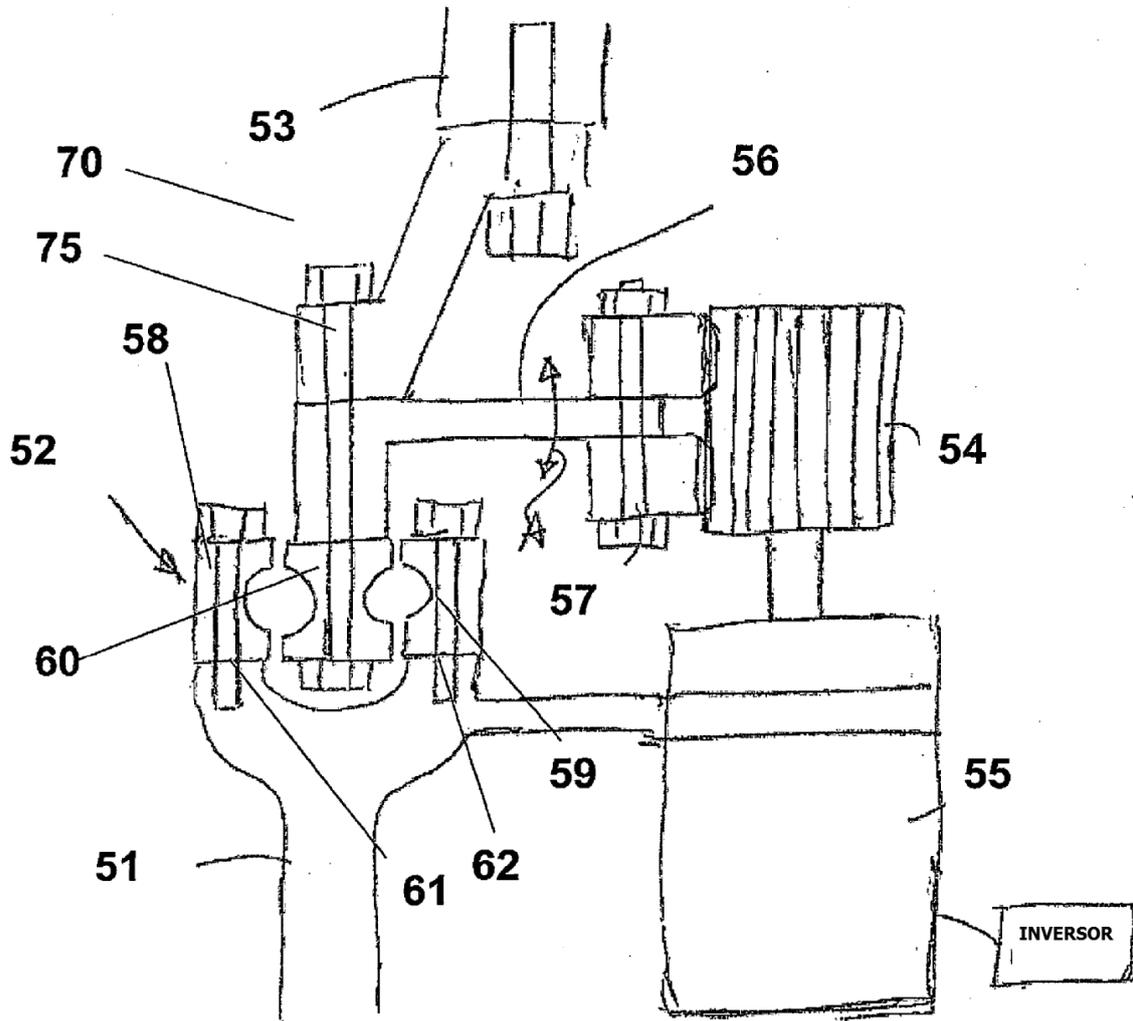


FIG 3

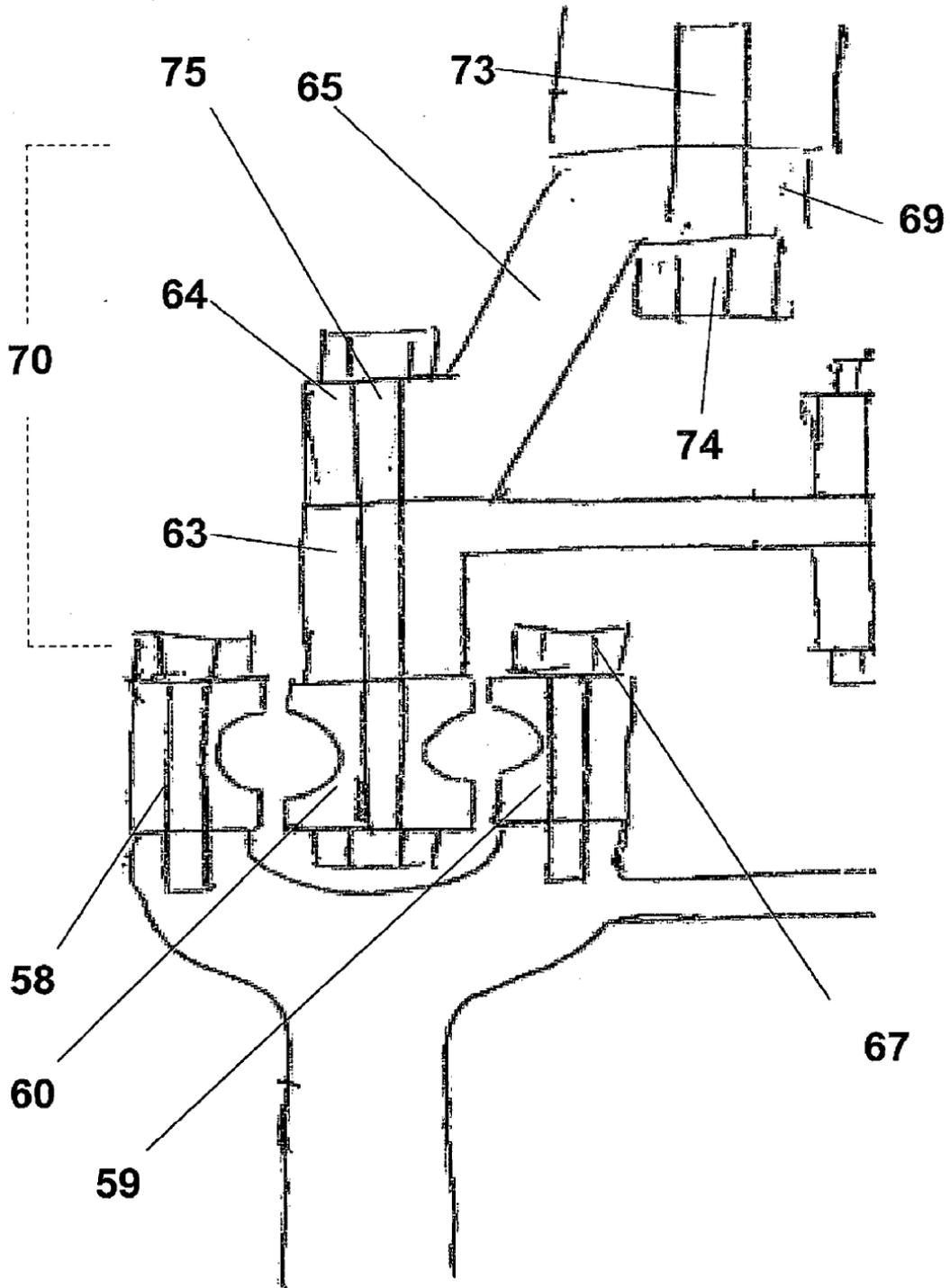


FIG 4

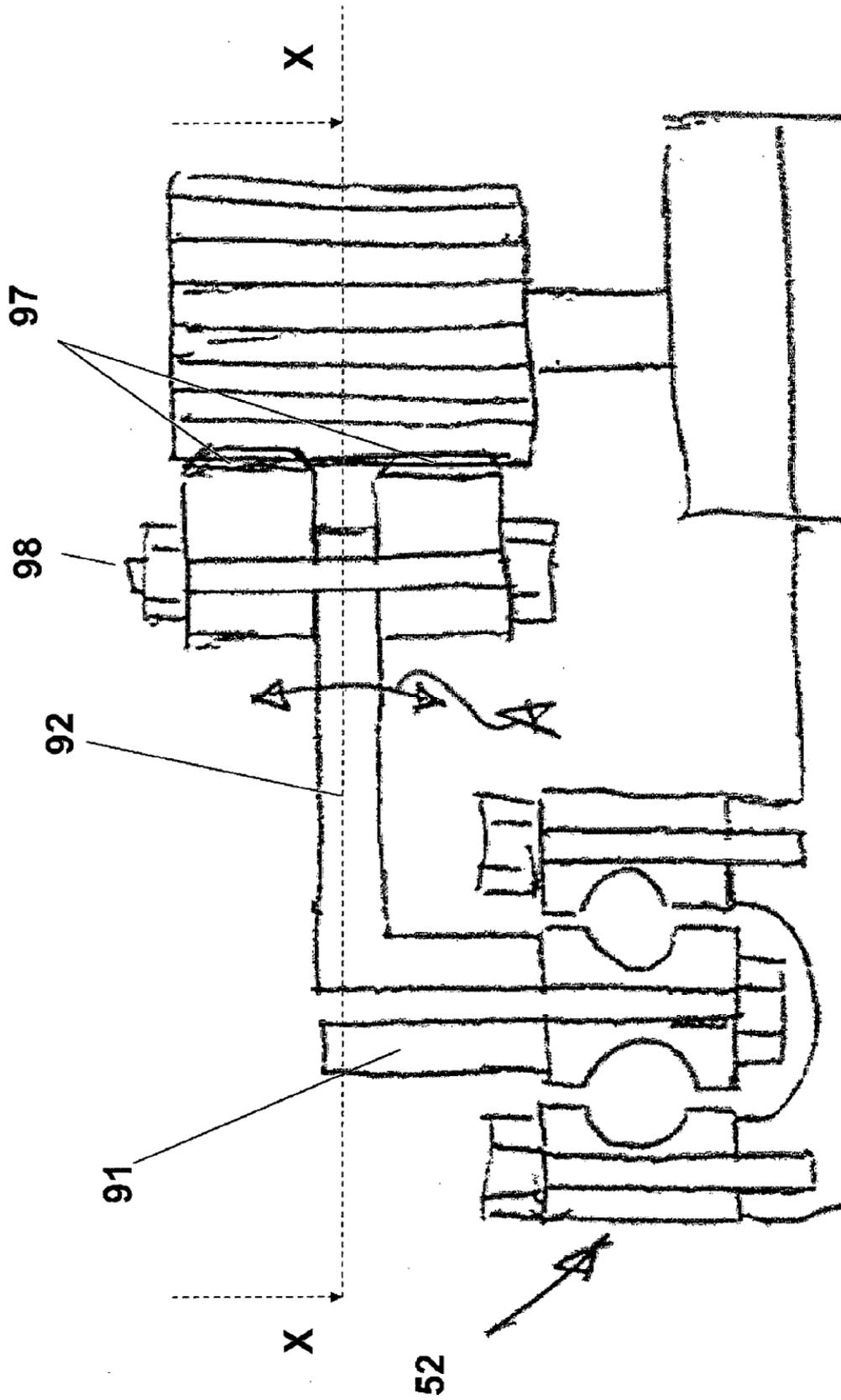


FIG 5

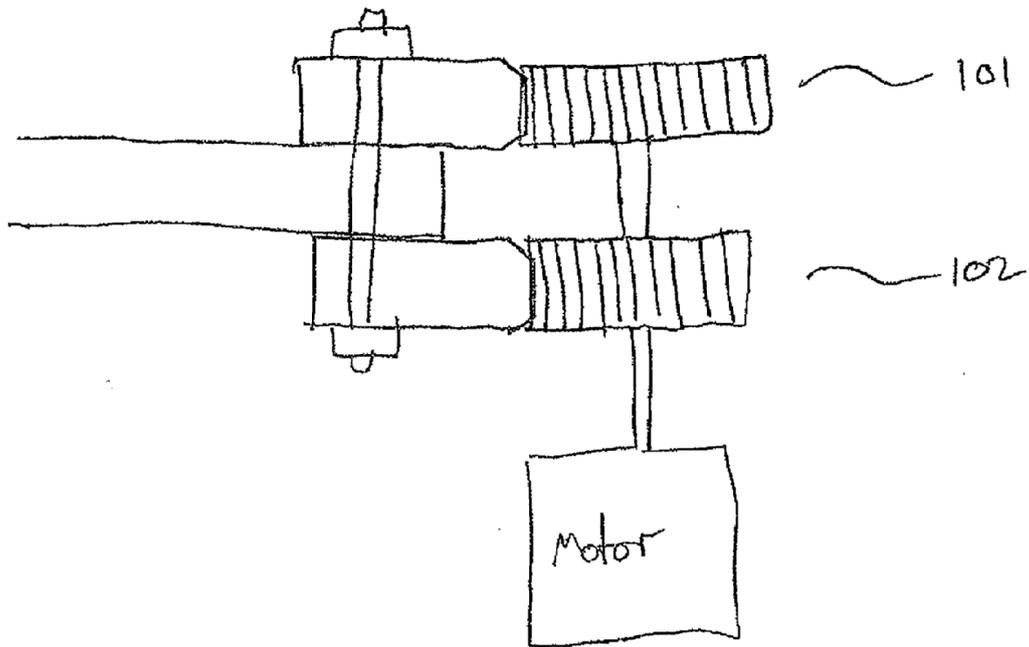


FIG 6

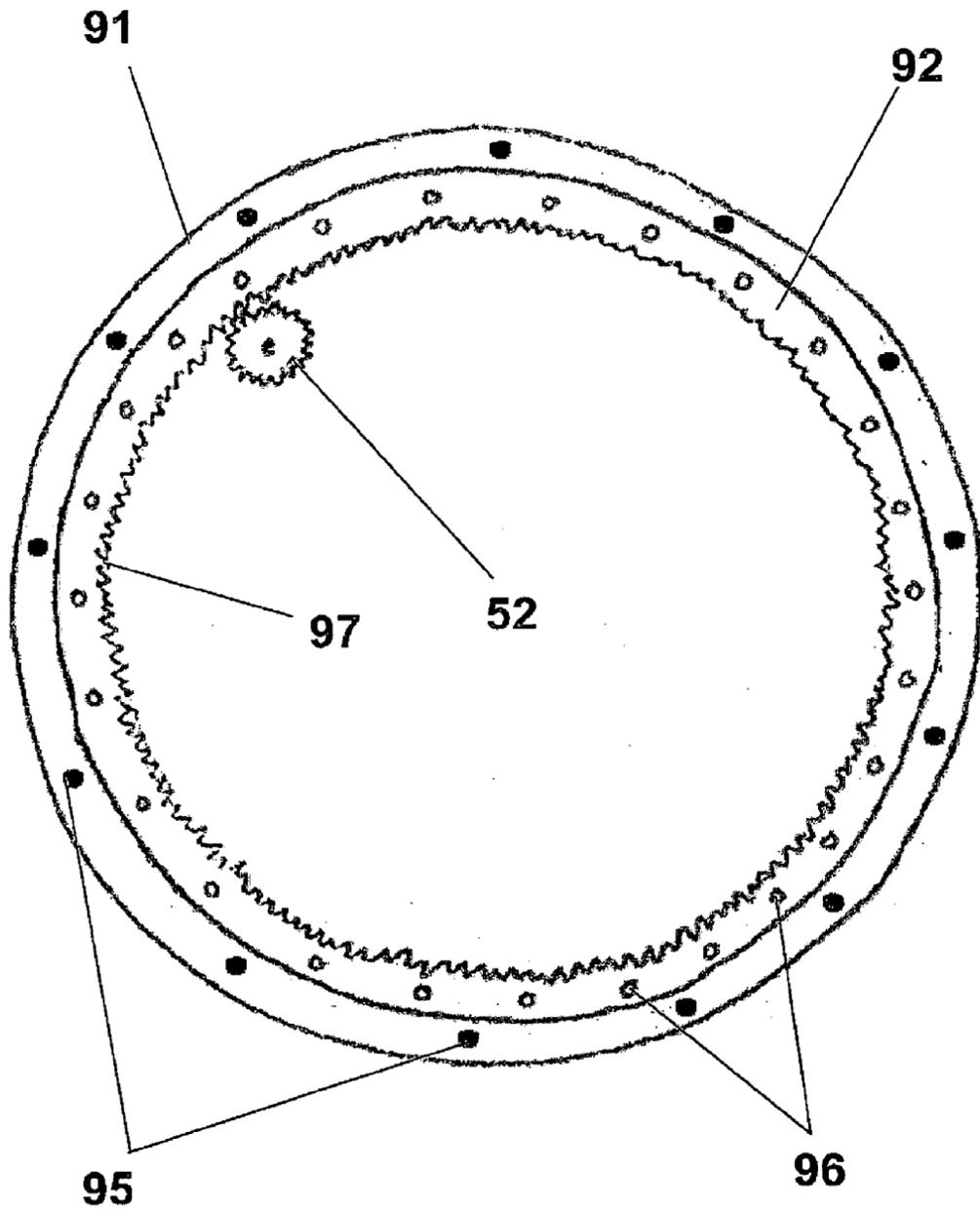


FIG 7

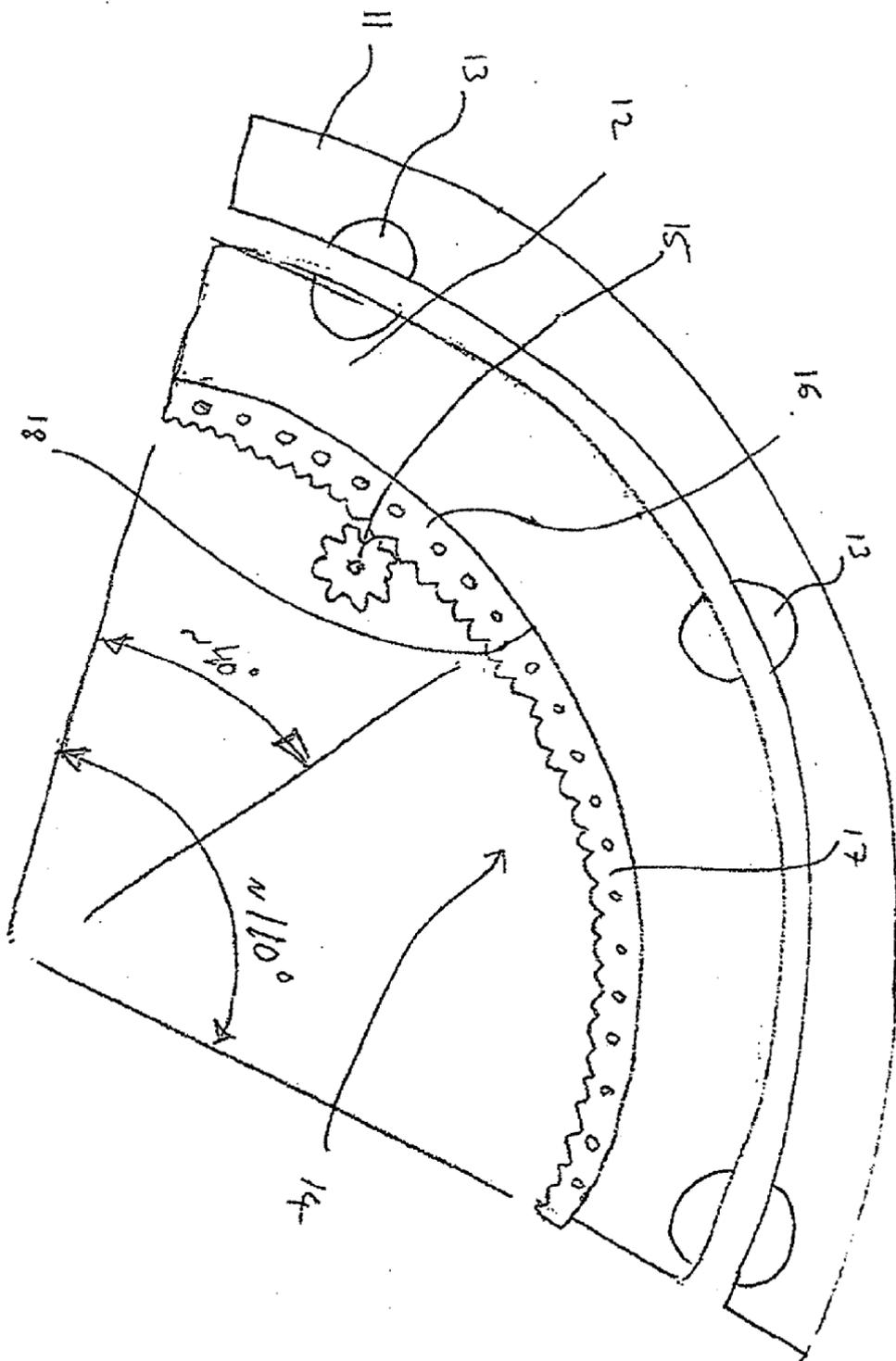


FIG 8

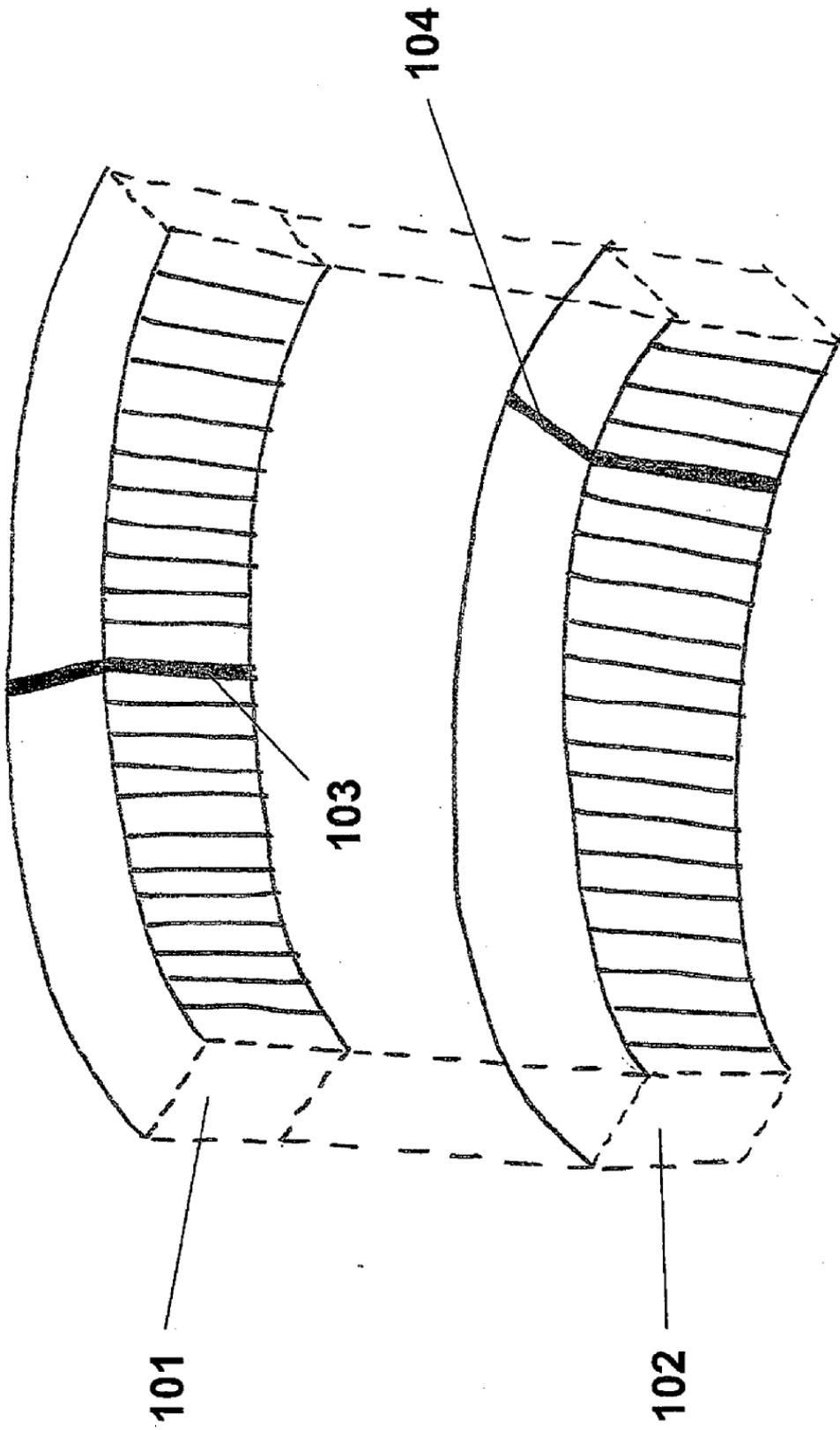


FIG 9

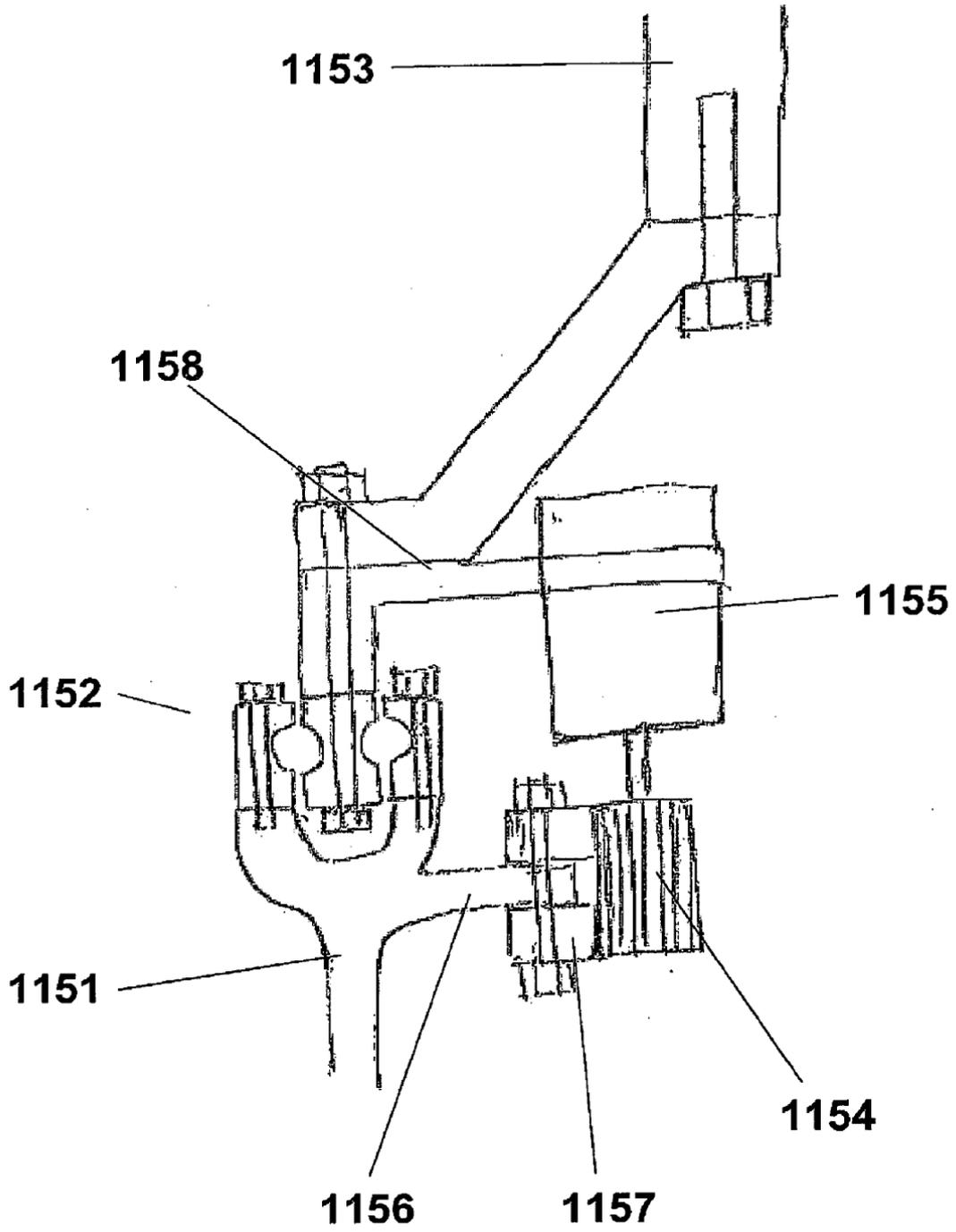


FIG 10