

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 935 683**

51 Int. Cl.:

F16N 13/06 (2006.01)

F16N 13/10 (2006.01)

F03D 80/70 (2006.01)

F16H 3/00 (2006.01)

F16H 57/04 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.05.2019 PCT/DK2019/050170**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.01.2020 WO20001715**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.05.2019 E 19728575 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.12.2022 EP 3810976**

54 Título: **Sistema de bombeo para lubricar componentes de una turbina eólica**

30 Prioridad:

25.06.2018 DK PA201870438

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

09.03.2023

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)

Hedeager 42

8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

PEDERSEN, JAN HOVE

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 935 683 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

Sistema de bombeo para lubricar componentes de una turbina eólica

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un sistema de bombeo para una turbina eólica, en particular, pero no exclusivamente, a un sistema de lubricación.

10 Antecedentes de la invención

El sistema de lubricación de una turbina eólica funciona para suministrar lubricante a diversos componentes de rotación de la turbina eólica, tales como el cojinete principal, el generador y la caja de engranajes, por nombrar algunos. En algunos sistemas de lubricación, la bomba para bombear el lubricante se acciona directamente por un motor cuyo árbol de accionamiento está acoplado a un árbol de accionamiento de la bomba.

Durante el arranque en frío de una turbina eólica, antes de que los sistemas de turbina eólica hayan alcanzado sus temperaturas de funcionamiento normales, el lubricante está más frío y más viscoso que durante el funcionamiento normal. Esto hace que las pérdidas de presión en todo el sistema sean más altas que en el funcionamiento normal. El lubricante más viscoso también es más difícil de bombear, de tal manera que la bomba requiere que se suministre más par de fuerzas desde el motor durante el arranque en frío, siendo esto especialmente relevante en bombas de engranajes. Como tal, los requisitos de arranque en frío a menudo son el accionador del tamaño de motor, lo que puede significar que se necesita un motor comparativamente grande para accionar la bomba a bajas temperaturas. Sin embargo, un motor grande funcionará fuera de su área de carga óptima en funcionamiento normal y, por lo tanto, funcionará con una eficiencia reducida.

Una manera de evitar este aumento del requisito de par de fuerzas de motor/tamaño de motor durante el arranque en frío es accionar el motor a una velocidad más baja que la velocidad nominal. Esto puede lograrse, por ejemplo, mediante el uso de un motor de múltiples velocidades, o mediante el control de la velocidad de motor a través de un accionamiento de frecuencia variable (VFD). Sin embargo, esta no es una solución ideal, ya que la velocidad reducida del motor limita la potencia que el motor puede inducir en el aceite a través de la bomba (flujo y contribución térmica reducidos). El documento US2016/222975 A1 da a conocer un sistema de lubricación conocido en el que se coloca una caja de engranajes entre la bomba para bombear el lubricante y sus medios de accionamiento.

Es en este contexto en el que se ha ideado la invención.

Sumario

En un primer aspecto, las realizaciones de la invención proporcionan un sistema de bombeo para suministrar lubricante a componentes de una turbina eólica. El sistema de bombeo comprende una bomba para bombear lubricante a través de un circuito de fluido de la turbina eólica, unos medios de accionamiento para accionar la bomba, y una disposición de caja de engranajes dispuesta para acoplar los medios de accionamiento a la bomba. La disposición de caja de engranajes comprende un árbol de entrada rotatorio configurado para accionarse por los medios de accionamiento y un árbol de salida rotatorio configurado para accionar la bomba. El árbol de entrada puede hacerse rotar en un primer sentido de rotación y un segundo sentido de rotación cuando se acciona por los medios de accionamiento. El árbol de salida puede hacerse rotar en el primer sentido de rotación, y la velocidad de rotación del árbol de salida está determinada por un modo de funcionamiento de la disposición de caja de engranajes. En un primer modo de funcionamiento, cuando el árbol de entrada rota en el primer sentido de rotación a una primera velocidad de rotación, la disposición de caja de engranajes está configurada para accionar el árbol de salida para que rote también en el primer sentido de rotación a la primera velocidad de rotación. En un segundo modo de funcionamiento, cuando el árbol de entrada rota en el segundo sentido de rotación a la primera velocidad de rotación, la disposición de caja de engranajes está configurada para accionar el árbol de salida para rotar en el primer sentido de rotación a una segunda velocidad de rotación.

La segunda velocidad de rotación es más baja que la primera velocidad de rotación.

La disposición de caja de engranajes puede comprender un conjunto de engranajes epicíclicos. El conjunto de engranajes epicíclicos puede proporcionar una relación de engranajes en el intervalo de 2:1 a 4:1 en el segundo modo de funcionamiento, de manera que la primera velocidad de rotación está en el intervalo de dos a cuatro veces más rápida que la segunda velocidad de rotación en el segundo modo de funcionamiento.

El conjunto de engranajes epicíclicos puede comprender un engranaje solar, una pluralidad de engranajes planetarios y un engranaje anular. El engranaje solar puede estar acoplado al árbol de entrada de modo que la rotación del árbol de entrada acciona la rotación del engranaje solar. El engranaje anular puede estar acoplado al árbol de salida de modo que la rotación del engranaje anular acciona la rotación del árbol de salida.

Los engranajes planetarios pueden montarse en un soporte para que puedan rotar alrededor del eje de rotación, r_p , y alrededor de un eje central del conjunto de engranajes, r_s . La disposición de caja de engranajes puede comprender un acoplamiento de soporte configurado para permitir la rotación del soporte alrededor del eje central, r_s , en el primer sentido y evitar la rotación del soporte alrededor del eje central, r_s , en el segundo sentido.

La disposición de caja de engranajes puede comprender un acoplamiento de engranaje solar configurado para acoplar de manera rotacional el engranaje solar y el engranaje anular cuando el engranaje solar rota en el primer sentido de rotación, pero para permitir la rotación relativa entre el engranaje solar y el engranaje anular cuando el engranaje solar rota en el segundo sentido de rotación.

En una primera realización, el acoplamiento de engranaje solar puede comprender un embrague unidireccional asociado con al menos uno de dichos engranajes planetarios y configurado para permitir la rotación del engranaje planetario alrededor de su eje de rotación, r_p , en el primer sentido y evitar la rotación del engranaje planetario alrededor de su eje de rotación, r_p , en el segundo sentido.

En una segunda realización, el acoplamiento de engranaje solar puede comprender un acoplamiento mecánico configurado para acoplar directamente la rotación de los engranajes solar y anular cuando el engranaje solar rota en el primer sentido de rotación, pero para permitir la rotación relativa entre el engranaje solar y el engranaje anular cuando el engranaje solar rota en el segundo sentido de rotación. En esta realización, la rotación de los engranajes solar y anular no se acopla por medio de los engranajes planetarios cuando el engranaje solar rota en el primer sentido de rotación, si no en su lugar por medio de un acoplamiento mecánico directo entre los engranajes solar y anular.

En otro aspecto, la invención proporciona una turbina eólica que comprende un sistema de bombeo como se describe en los párrafos anteriores.

Breve descripción de los dibujos

Realizaciones de la presente invención se describirán ahora en detalle con referencias a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es una vista en perspectiva de una turbina eólica;

la figura 2 es una vista esquemática de una disposición de rotor principal y un sistema de bombeo según una primera realización de la invención;

la figura 3 es una vista esquemática del sistema de bombeo de la figura 2;

la figura 4a es una vista en sección transversal de una disposición de caja de engranajes del sistema de bombeo de la figura 2, cuando el sistema está configurado para funcionar en un primer modo de funcionamiento;

la figura 4b es una vista en sección transversal de una disposición de caja de engranajes del sistema de bombeo de la figura 2, cuando el sistema está configurado para funcionar en un segundo modo de funcionamiento;

la figura 5a es una vista en sección transversal de una disposición de caja de engranajes de un sistema de bombeo según una segunda realización de la invención, cuando el sistema está configurado para funcionar en un primer modo de funcionamiento; y

la figura 5b es una vista en sección transversal de una disposición de caja de engranajes de un sistema de bombeo según la segunda realización de la invención, cuando el sistema está configurado para funcionar en un segundo modo de funcionamiento.

Descripción detallada

Las realizaciones de la invención se refieren a un sistema de bombeo para suministrar lubricante a componentes de rotación de una turbina eólica. En sistemas de bombeo de lubricante conocidos, normalmente se requiere que el motor eléctrico usado para accionar la bomba se hace funcionar por encima de la capacidad nominal para su funcionamiento en intervalos de temperatura normales con el fin de tener la potencia para accionar la bomba durante el funcionamiento a temperatura fría. Esto significa que, típicamente, se necesita un motor más grande y pesado solo para tener en cuenta el consumo de corriente requerido durante el arranque a temperatura fría. Sin embargo, suponiendo que se use un motor estándar, un motor de este tipo no está optimizado para funcionar a temperaturas normales, lo que lo hace menos eficiente.

El sistema de bombeo de la invención incorpora una disposición de caja de engranajes que funciona para reducir el ritmo al que se acciona una bomba de lubricación, simplemente invirtiendo el sentido de rotación de un motor de accionamiento de la bomba. Como se explicará, esto permite que se reduzca el par de fuerzas de motor requerido para accionar la bomba de lubricante durante el arranque en frío, cuando el lubricante está más frío y más viscoso.

De esta manera, el sistema de bombeo permite el uso de un motor más pequeño y de menor coste que en configuraciones tradicionales.

La figura 1 muestra una turbina eólica 10 en la que puede incorporarse un sistema de bombeo de lubricación según la invención.

La turbina eólica 10 incluye una góndola 12 que está soportada en una torre generalmente vertical 14, que está montada en sí misma en una cimentación (no mostrada). La góndola 12 aloja un número de componentes funcionales, incluyendo una caja de engranajes 18 y un generador 20, y soporta una disposición de rotor principal 22 de la turbina eólica 10.

Haciendo referencia ahora a la figura 2, que muestra una realización de una configuración de turbina eólica, la disposición de rotor principal 22 incluye un buje 24 acoplado a un árbol de rotor principal 26. El árbol de rotor principal 26 está soportado de manera rotatoria por una disposición de cojinete que comprende un cojinete delantero 25 y un cojinete trasero 27. El buje 24 está conectado a una pluralidad de palas de rotor 28, en este caso tres palas, como es típico en una turbina eólica de eje horizontal (HAWT). En uso, las palas 28 y el árbol de rotor principal 26 rotan, proporcionando un accionamiento de entrada a la caja de engranajes 18 que aumenta la velocidad de rotación del árbol de rotor principal 26 a través de engranajes internos (no mostrados) y acciona un árbol de salida de alta velocidad 30. Esto a su vez acciona el generador 20. La energía eléctrica generada por el generador 20 puede convertirse por otros componentes (no mostrados en este caso) según sea necesario antes de suministrarse, por ejemplo, a la red eléctrica. Debe indicarse en este punto que la arquitectura del sistema descrita anteriormente es a modo de ejemplo y está destinada simplemente a proporcionar al lector contexto para la invención. Por lo tanto, los componentes comentados hasta ahora no se pretende que limiten el alcance de protección definido por las reivindicaciones. El lector entendería que las turbinas eólicas pueden incluir otras arquitecturas, por ejemplo, también se conocen las denominadas turbinas eólicas de "accionamiento directo" que no usan cajas de engranajes entre el árbol de rotor principal 26 y el generador 20.

También se ilustra en la figura 2 un sistema de bombeo 32 según una realización de la invención. El sistema de bombeo 32 es un sistema de lubricación para administrar lubricante, por ejemplo, aceite, a componentes de la turbina eólica 10. En este ejemplo, el sistema de lubricación 32 está conectado a los cojinetes delantero y trasero 25 y 27, la caja de engranajes 18 y el generador 20, por medio de una pluralidad de líneas de fluido 34 que juntas forman un circuito de fluido 36. El sistema de lubricación 32 también incluye una línea de drenaje (no mostrada) para devolver el lubricante a un depósito, tanque, o sumidero 40. Sin embargo, debe indicarse que el sistema de lubricación 32 puede configurarse para suministrar lubricante a cualquier componente, y cualquier número de componentes, de la turbina eólica 10.

El sistema de lubricación 32 incluye una bomba de lubricación 38 que extrae lubricante del sumidero 40, somete a presión a ese fluido, y lo administra a componentes de la turbina eólica 10 a través del circuito de fluido 36. La bomba de lubricación 38 puede ser cualquier bomba que sea apropiada para bombear un lubricante adecuado a través del circuito de fluido 36. Por ejemplo, la bomba de lubricación 38 puede ser una bomba de engranajes, una bomba de paletas, una bomba peristáltica, una bomba de pistón o cualquier otra bomba relevante. Para garantizar que el fluido no pueda fluir de vuelta a la bomba de lubricación 38, puede proporcionarse una válvula de retención 42 o un componente similar que permite que el fluido pase a través solo en un sentido.

La bomba de lubricación 38 se acciona por medios de accionamiento en forma de un motor 44, cuyo árbol de accionamiento 46 acciona la rotación de un árbol de accionamiento de bomba 48. En uso, es preferible accionar el motor 44 a la velocidad de rotación para la que se hace funcionar a capacidad nominal, ya que esta es la velocidad a la que el motor 44 funciona con su mayor eficiencia.

Durante el arranque en frío de la turbina eólica 10, antes de que el sistema de lubricación 32 se haya calentado y haya alcanzado su temperatura de funcionamiento, el lubricante es significativamente más viscoso que durante el funcionamiento normal debido a su temperatura comparativamente más baja. Por lo tanto, el bombeo del lubricante a través del circuito de fluido 36 es más difícil durante el arranque en frío. Además, la mayor viscosidad del lubricante hace que las pérdidas de bomba sean significativamente mayores que durante el funcionamiento normal, requiriendo que el motor administre un par de fuerzas mayor que el que es necesario durante el funcionamiento normal. En algunos sistemas de lubricación conocidos en los que la bomba se acciona por medio de un motor cuyo árbol de accionamiento acciona directamente la rotación de un árbol de accionamiento de bomba, esto requiere que se suministre más par de fuerzas/potencia desde el motor de accionamiento.

Para evitar este aumento en la potencia/tamaño del motor requerido durante el arranque en frío, una solución es accionar el motor, y, por lo tanto, el árbol de accionamiento de bomba, a una velocidad de rotación más baja. Sin embargo, esto no es ideal, ya que es importante salir del régimen de arranque en frío lo más rápido posible, y hacer funcionar un motor pequeño a una velocidad reducida no contribuye a este objetivo. Además, como ya se ha indicado, el motor es menos eficiente cuando funciona lejos de su velocidad nominal.

En una configuración en la que la bomba está directamente acoplada al motor, el par de fuerzas requerido durante el

arranque en frío es un factor importante que influye en el tamaño de motor requerido. Es decir, el motor debe estar significativamente sobredimensionado en términos de par de fuerzas requerido durante el funcionamiento normal, con el fin de proporcionar el par de fuerzas requerido durante el arranque en frío. Sin embargo, un motor grande funcionará fuera de su área de carga óptima en funcionamiento normal y, por lo tanto, funcionará con una eficiencia reducida. Por lo tanto, es beneficioso permitir que el tamaño del motor se determine por la potencia/par de fuerzas necesario durante el funcionamiento normal para reducir tanto el coste de componentes como el coste de funcionamiento.

El uso de una bomba más pequeña generalmente requiere un VFD para limitar la corriente de motor y, por lo tanto, reducir la velocidad/frecuencia del motor durante el arranque en frío. Sin embargo, esto al mismo tiempo reduce la potencia administrada a la bomba/lubricante, así como añadiendo coste y complejidad significativos al sistema.

El sistema de lubricación 32 de la invención aborda los problemas anteriores incorporando una disposición de caja de engranajes 52 entre el motor 44 y la bomba 38 del sistema 32. Esto permite que una pequeña bomba funcione más rápido al par de fuerzas máximo, por lo tanto, produciendo más potencia y reduciendo el tiempo de arranque en frío.

La disposición de caja de engranajes 52 está dispuesta para acoplar el motor 44 a la bomba 38, e incluye un árbol de entrada rotatorio 54 configurado para accionarse por el motor 44 y un árbol de salida rotatorio 56 configurado para accionar la bomba 38. El árbol de entrada 54 puede hacerse rotar en un primer sentido de rotación y un segundo sentido de rotación cuando se acciona por el motor 44, y la velocidad de rotación del árbol de salida 56 está determinada por un modo de funcionamiento de la disposición de caja de engranajes 52. El árbol de salida 56 y el árbol de accionamiento de bomba 48 rotan en el primer sentido de rotación, independientemente del sentido de rotación del árbol de entrada 54. En algunas realizaciones, el árbol de salida 56 y el árbol de accionamiento de bomba 48, que pueden formarse como un único componente, pueden hacerse rotar solo en el primer sentido de rotación.

Como se explicará con más detalle más adelante, el sistema de lubricación 32 puede hacerse funcionar en dos modos de funcionamiento. En el primer modo, el árbol de salida 56 está configurado para rotar en el primer sentido de rotación a una primera velocidad de rotación, cuando el árbol de entrada 54 rota en el primer sentido de rotación a la primera velocidad de rotación. En el segundo modo de funcionamiento, el árbol de salida 56 está configurado para rotar en el primer sentido de rotación a una segunda velocidad de rotación, cuando el árbol de entrada 54 rota en el segundo sentido de rotación a la primera velocidad de rotación.

De esta manera, el ritmo al que se acciona la bomba 38 puede reducirse simplemente invirtiendo el sentido de rotación del motor 44. Esto permite que se reduzca el par de fuerzas/tamaño de motor requerido durante el arranque en frío, sin reducir la velocidad de motor 44 lejos de la que se hace funcionar a capacidad nominal. La reducción del par de fuerzas de motor requerido durante el arranque en frío permite elegir el tamaño de motor requerido para el sistema en función de la potencia/par de fuerzas necesario durante el funcionamiento normal, en lugar de lo requerido durante el arranque en frío. Por lo tanto, el sistema de lubricación 32 permite el uso de un motor 44 más pequeño y de menor coste del que sería apropiado en una configuración tradicional.

El sistema de lubricación 32 se describirá ahora con más detalle con referencia a las figuras 3, 4a y 4b.

En esta realización de la invención, el motor 44 es un motor eléctrico que puede accionarse en modos hacia delante e inverso. Para los fines de esta divulgación, el sentido de rotación del motor 44 cuando se acciona en modo hacia delante se denominará primer sentido, o sentido hacia delante. De manera correspondiente, el sentido de rotación del motor 44 cuando se acciona en modo inverso se denominará segundo sentido, o sentido hacia atrás.

Haciendo referencia en primer lugar a la figura 3, como ya se ha explicado, el motor 44 está acoplado a la bomba 38 a través de la disposición de caja de engranajes 52. El árbol de accionamiento de motor 46 se extiende desde un alojamiento de motor 60 para accionar el árbol de entrada 54 de la disposición de caja de engranajes 52. El árbol de salida 56 de la disposición de caja de engranajes 52 está dispuesto para accionar la bomba 38. La disposición de caja de engranajes 52 puede estar alojada en un alojamiento de caja de engranajes 62 o un alojamiento de campana.

La disposición de caja de engranajes 52 incluye además un conjunto de engranajes 66 configurados para convertir la rotación del árbol de entrada 54 en rotación del árbol de salida 56. Específicamente, como se explicará con más detalle más adelante, el conjunto de engranajes 66 está configurado de manera que la rotación del árbol de entrada 54 en los sentidos primero y segundo, a una primera velocidad, acciona la rotación del árbol de salida 56 en el primer sentido, pero a velocidades primera y segunda. En otras palabras, la velocidad de rotación del árbol de salida 56, y, por lo tanto, el ritmo al que se acciona la bomba 38, puede variarse simplemente cambiando el sentido de rotación del motor 44. Como ya se comentó, esto es especialmente útil durante el arranque en frío de la turbina eólica 10 cuando el lubricante es más viscoso que durante el funcionamiento normal, ya que permite que el motor 44 se accione a una velocidad y par de fuerzas más altos sin tener que aumentar su salida de potencia fuera de los límites nominales.

En la realización ilustrada, el conjunto de engranajes 66 es un conjunto de engranajes epicíclicos, también conocido como conjunto de engranajes planetarios. Este tipo de disposición significa que el conjunto de engranajes 66 es relativamente compacto, lo que puede ser un beneficio en el contexto del espacio limitado disponible dentro de una góndola 12 de turbina eólica. Sin embargo, debe indicarse en este caso que, aunque se usa un conjunto de engranajes

epicíclicos en esta realización de la invención, son posibles otras soluciones. Por ejemplo, en cambio, se podría proporcionar una disposición de tipo convertidor de par de fuerzas para acoplar el motor 44 a la bomba de lubricación 38.

El conjunto de engranajes 66 incluye una pluralidad de engranajes 68, teniendo cada engranaje una pluralidad de dientes 70 dimensionados para permitir que los engranajes 68 engranen entre sí en uso. En esta realización particular, el conjunto de engranajes 66 comprende un engranaje solar 72, tres engranajes planetarios 74 y un engranaje anular 76. En otras realizaciones, el conjunto de engranajes 66 puede incluir más o menos engranajes planetarios 74, sin dejar de proporcionar una funcionalidad similar. En algunas realizaciones, los engranajes pueden no incluir dientes 70, pero en su lugar pueden hacerse funcionar a través de fricción.

Aunque no se muestra en las figuras 4a y 4b, los dientes 70 del engranaje solar 72 y los engranajes planetarios 74 se proporcionan alrededor de las circunferencias exteriores respectivas 78 y 80, como se ilustra en la figura 3. Los dientes del engranaje anular (no mostrado) se proporcionan alrededor de una circunferencia interior 82 del engranaje anular 76. Cuando se disponen para su uso, los dientes 70 de los engranajes planetarios 74 se acoplan con los dientes 70 del engranaje solar 72 y los dientes del engranaje anular 76.

El engranaje solar 72 está acoplado al árbol de entrada 54 para poder hacerse rotar con el árbol de entrada 54 alrededor de un eje, r_s , este eje también define el eje central del conjunto de engranajes 66. En esta realización, el engranaje solar 72 está unido directamente al árbol de entrada 54. En uso, la rotación del motor 44 provoca la rotación del árbol de entrada 54 y el engranaje solar 72.

Los engranajes planetarios 74 se colocan alrededor del engranaje solar 72, y están dispuestos para poder hacerse rotar alrededor de un eje central, r_s , así como alrededor de ejes de rotación individuales, r_p .

Los engranajes planetarios 74 están montados en un soporte anular 84 que puede hacerse rotar alrededor del eje central r_s , y están espaciados alrededor de la circunferencia del soporte 84 en ángulos iguales entre sí con respecto al eje central, r_s . Se proporciona un acoplamiento de soporte 86 para permitir la rotación del soporte 84 en el primer sentido, pero evitar la rotación del soporte 84 en el segundo sentido opuesto. El acoplamiento de soporte 86 está montado en el alojamiento de caja de engranajes 62 en esta realización, pero en otras realizaciones puede montarse en otra parte del alojamiento que no rota con respecto a los árboles de entrada o salida 54, 56. Por lo tanto, el acoplamiento de soporte 86 funciona como un bloqueo o embrague de un solo sentido para el soporte 84. Los engranajes planetarios 74 están montados en el soporte 84 para que puedan rotar alrededor de sus respectivos ejes de rotación, r_p , por medio de pasadores o ejes 88.

Cada engranaje planetario 74 está dotado de un mecanismo de embrague 90 en forma de un embrague de rueda libre de un solo sentido, o unidireccional, que está configurado para permitir la rotación de su engranaje planetario asociado 74 en el primer sentido, pero evitar la rotación en el segundo sentido. Aunque cada engranaje planetario 74 está dotado de un mecanismo de embrague 90 en esta realización, debe indicarse que, en otras realizaciones, los embragues 90 pueden proporcionarse solo para una selección de los engranajes planetarios 74, o para un solo engranaje planetario 74.

En esencia, la función de los mecanismos de embrague 90 en esta realización es bloquear la rotación del engranaje solar 72 con respecto a la rotación del engranaje anular 76, pero solo cuando el engranaje solar 72 está rotando en el primer sentido. Por lo tanto, los mecanismos de embrague 90 actúan como medios de acoplamiento unidireccionales, o como un acoplamiento de engranaje solar, acoplando la rotación del engranaje solar 72 y el engranaje anular 76 cuando el engranaje solar 72 rota en un sentido, pero no en el otro sentido para permitir la rotación relativa del engranaje solar 72 y el engranaje anular 76. Por lo tanto, debe indicarse que podría proporcionarse una funcionalidad similar mediante un embrague de un solo sentido proporcionado entre el engranaje solar 72 y el engranaje anular 76.

El engranaje anular 76 está dispuesto para rodear los engranajes planetarios 74, y para poder hacerse rotar alrededor del eje central, r_s . El engranaje anular 76 está acoplado al árbol de salida 56 de la disposición de caja de engranajes 52 de manera que la rotación del engranaje anular 76 provoca la rotación del árbol de salida 56, y, a su vez, el accionamiento de la bomba 38. Alternativamente, el engranaje anular 76 puede integrarse con el árbol de salida 56 como un único componente para lograr esta funcionalidad.

El funcionamiento del sistema de lubricación 32 se describirá ahora con referencia particular a las figuras 4a y 4b.

El sistema de lubricación 32 está configurado para funcionar en dos modos de funcionamiento diferentes; un primer modo y un segundo modo.

Con referencia primero a la figura 4a, esta ilustra la configuración de la disposición de caja de engranajes 52 vista desde la posición del motor 44, cuando el sistema de lubricación 32 está funcionando en el primer modo de funcionamiento. En este modo, la disposición de caja de engranajes 52 está configurada para convertir la rotación del árbol de entrada 54 en el primer sentido, a la primera velocidad, en la rotación del árbol de salida 56 en el mismo sentido, a la misma velocidad. El primer modo de funcionamiento puede usarse durante el modo de funcionamiento

normal de la turbina eólica 10, cuando el sistema de lubricación 32 y el lubricante asociado están en su intervalo de temperatura de funcionamiento normal.

En el primer modo de funcionamiento, el motor 44 se acciona en un sentido hacia delante. En este caso, el sentido hacia delante se ilustra en sentido contrario a las agujas del reloj. El motor 44 y el árbol de accionamiento del motor 46 rotan en el primer sentido, o hacia delante, que se indica mediante las flechas 92 en las figuras 4a y 4b, a la primera velocidad de rotación. Para proporcionar contexto al lector, la primera velocidad de rotación, es decir, la velocidad de rotación del árbol de accionamiento de motor 46, puede ser, por ejemplo, alrededor de 1.500 r. p. m.. Esta velocidad de motor se basa en el uso de un motor de cuatro polos a una frecuencia de 50 Hz. Son posibles otras velocidades de motor, por supuesto, y el experto comprenderá que el intervalo de velocidad al que un motor se haría funcionar a capacidad nominal para funcionar está vinculado al número de polos en el rotor/estator cuando se considera un motor estándar. La primera velocidad de rotación corresponde a la velocidad nominal del motor 44, que es la velocidad a la que se logra el funcionamiento de motor más eficiente.

La rotación del árbol de accionamiento de motor 46 acciona la rotación del árbol de entrada 54 de la disposición de caja de engranajes 52, que a su vez provoca la rotación del engranaje solar 72 al que está unido el árbol de entrada 54. Si inicialmente los mecanismos de embrague 90 están desacoplados pero el acoplamiento de soporte 86 está acoplado, la rotación del engranaje solar 72 en el sentido hacia delante accionaría la rotación de los engranajes planetarios 74 alrededor de sus ejes centrales, r_p , en el sentido opuesto (es decir, el sentido indicado por el número 94 en la figura 4b). Sin embargo, a medida que los engranajes planetarios 74 comienzan a rotar en el segundo sentido, sus respectivos mecanismos de embrague 90 se acoplan para evitar una mayor rotación hacia atrás. Los dientes 70 de los engranajes planetarios 74 ahora se engranan con, y se bloquean en posición con respecto a, los dientes 70 del engranaje solar 72 y los dientes del engranaje anular 76. Como tal, la rotación hacia delante continua del engranaje solar 72 acciona la rotación hacia delante tanto del soporte 84 como del engranaje anular 76 alrededor del eje central, r_s , a la primera velocidad de rotación. La rotación hacia delante del engranaje anular 76 a la primera velocidad acciona la rotación hacia delante del árbol de salida 56 a la primera velocidad, que acciona la bomba 38 para funcionar a un primer ritmo de bombeo.

Por lo tanto, en el primer modo de funcionamiento, el engranaje solar 72, el soporte 84 y el engranaje anular 76 rota cada uno en el mismo sentido alrededor del eje central, r_s , es decir, el primer sentido, y a la misma velocidad, es decir, la primera velocidad. Los árboles de entrada y salida 54, 56, por lo tanto, rotan a la misma velocidad y la relación de engranajes en esta configuración es 1:1.

Volviendo ahora a la figura 4b, esta ilustra la configuración de la disposición de caja de engranajes 52 vista desde la posición del motor 44, cuando el sistema de lubricación 32 está funcionando en el segundo modo de funcionamiento. En el segundo modo de funcionamiento, la disposición de caja de engranajes 52 está configurada para convertir la rotación del árbol de entrada 54 en el segundo sentido, o hacia atrás, a la primera velocidad, en la rotación del árbol de salida 56 en el primer sentido, o hacia delante, a una segunda velocidad. Específicamente, en esta realización, la rotación hacia atrás del árbol de entrada 54 a la primera velocidad acciona la rotación hacia delante del árbol de salida 56 a una segunda velocidad más lenta.

En el segundo modo de funcionamiento, el motor 44 se acciona en sentido inverso. El motor 44 y el árbol de accionamiento 46 rotan en el segundo sentido, o hacia atrás, que se indica mediante la flecha 94 en la figura 4b. En este caso, ese sentido se muestra en el sentido de las agujas del reloj. Como en el primer modo de funcionamiento, el motor 44 y el árbol de accionamiento 46 rotan a la primera velocidad de rotación, a la que se logra el funcionamiento más eficiente del motor 44.

La rotación del árbol de accionamiento de motor 46 acciona la rotación del árbol de entrada 54 y el engranaje solar 72 en el segundo sentido, a la primera velocidad. Esta rotación hacia atrás del engranaje solar 72 acciona la rotación hacia delante de los engranajes planetarios 74 alrededor de sus ejes de rotación, r_p , y el acoplamiento de soporte 86 se acopla para evitar la rotación hacia atrás del soporte 84 alrededor del eje central, r_s . El engranaje anular 76 se acciona para rotar en el sentido hacia delante por la rotación hacia delante de los engranajes planetarios 74. Por lo tanto, dado que el soporte 84 está bloqueado en posición, es decir, el acoplamiento de soporte 86 está acoplado, los engranajes planetarios 74 pueden rotar, a medida que los mecanismos de embrague 90 se desacoplan, lo que acciona el engranaje anular 76 y el árbol de salida 56 para rotar en el sentido hacia delante, en común con el sentido de rotación del árbol de salida 56 en el primer modo de funcionamiento. La rotación del árbol de salida 56 acciona la bomba 38 para funcionar a un segundo ritmo de bombeo, siendo el segundo ritmo de bombeo más bajo que el primer ritmo de bombeo en esta realización.

A partir de la discusión anterior, será evidente que, en el segundo modo de funcionamiento, el engranaje solar 72 y el engranaje anular 76 rotan a diferentes velocidades, en sentidos opuestos. En esta disposición, el conjunto de engranajes 66 está configurado para reducir la velocidad del árbol de entrada 54 cuando el motor 44 se acciona en sentido inverso, para accionar el árbol de salida 56 a una velocidad más baja que el árbol de entrada 54. La relación de engranajes en el segundo modo de funcionamiento es 2:1, en esta realización, pero debe indicarse que esto es solo un ejemplo. Son posibles otras relaciones de engranajes, y pueden ser deseables dependiendo de la aplicación específica. Dependiendo de los tamaños relativos de los engranajes solar y anular 72, 76, la relación de engranajes

puede configurarse según se desee. Por ejemplo, la relación de engranajes puede configurarse para que se encuentre en el intervalo de 2:1 a 4:1. Más ampliamente, la relación de engranajes puede configurarse para que se encuentre en el intervalo de 1,5:1 a 10:1, correspondiendo este intervalo más amplio a un límite práctico relacionado con una disposición de engranajes planetarios de una sola etapa y consideraciones de viabilidad con respecto al conjunto de engranajes del motor 44 a la bomba 38.

El segundo modo de funcionamiento está destinado para su uso, por ejemplo, durante el arranque en frío de la turbina eólica 10, cuando la temperatura del lubricante es más baja que durante el funcionamiento normal. Como ya se ha explicado, una temperatura de lubricante más baja corresponde a una viscosidad de lubricante más alta, lo que da como resultado que el lubricante sea más difícil de bombear a través del sistema de lubricación 32. Para superar la mayor viscosidad del lubricante, se requiere un par de fuerzas más alto para accionar la bomba 38 durante el arranque en frío que durante el funcionamiento normal, y también aumentan las pérdidas de bombeo.

Se prefiere hacer funcionar el motor 44 en, o cerca de, la velocidad y el par de fuerzas con la mayor eficiencia energética, que normalmente está a o cerca de la velocidad nominal o máxima admisible del motor 44. Sin embargo, en sistemas de lubricación conocidos en los que un motor acciona la bomba directamente, accionar la bomba a la misma velocidad durante el arranque en frío que durante el funcionamiento normal requeriría que el motor administrase más par de fuerzas (es decir, un consumo de corriente más alto) o que fuese de un tamaño de construcción más grande para lograr el par de fuerzas requerido. La incorporación de una disposición de caja de engranajes 52 entre el motor 44 y la bomba 38 permite que la bomba 38 se accione a una velocidad más baja durante el arranque en frío, sin reducir la velocidad de rotación del motor 44 o aumentar significativamente la potencia administrada por el motor 44. De esta manera, la invención permite que se use un motor 44 más pequeño y menos costoso para ejecutar el arranque en frío de un sistema de lubricación 32 de una turbina eólica 10. Además, debido a que el motor 44 puede administrar más potencia a la bomba 38, pueden mejorarse los tiempos de arranque en frío (es decir, reducirse) debido a un funcionamiento más eficiente del motor 44, y se reduce el riesgo de privación de componentes en la turbina eólica 10 que requieren lubricación de lubricante.

Como se mencionó anteriormente, es posible lograr una funcionalidad similar a la de la realización descrita anteriormente proporcionando un acoplamiento mecánico, o embrague unidireccional/de un solo sentido 96 entre el engranaje solar 72 y el engranaje anular 76 en lugar de los mecanismos de embrague 90. En este caso, con referencia a la figura 5a, la rotación hacia delante del engranaje solar 72 acopla el embrague de un solo sentido 96 para acoplar de manera rotacional el engranaje solar 72 y el engranaje anular 76 en el primer modo de funcionamiento, de manera que el engranaje anular 76 rota en el mismo sentido y a la misma velocidad que el engranaje solar 72. En la figura 5a, el acoplamiento del embrague de un solo sentido 96 se ilustra mediante una línea continua. Con referencia ahora a la figura 5b, en el segundo modo de funcionamiento, la rotación hacia atrás del engranaje solar 72 desacopla el embrague de un solo sentido 96 entre los engranajes solar y anular 72, 76, desacoplando de ese modo el acoplamiento rotacional entre los engranajes solar y anular 72, 76. En la figura 5b, el desacople del embrague de un solo sentido 96 se ilustra mediante una línea discontinua. El acoplamiento de soporte 86 se acopla para bloquear el soporte 84 en posición con respecto al alojamiento de caja de engranajes 62. La rotación del engranaje solar 72 acciona la rotación de los engranajes planetarios 74 y, a través de los engranajes planetarios 74, acciona la rotación del engranaje anular 76. El engranaje anular 76 rota hacia delante a una velocidad diferente al engranaje solar 72, es decir, a la segunda velocidad de rotación.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de bombeo (32) para suministrar lubricante a componentes de una turbina eólica (10), comprendiendo el sistema (32):
5 una bomba (38) para bombear lubricante a través de un circuito de fluido (36) de la turbina eólica (10);
unos medios de accionamiento (44) para accionar la bomba (38); y,
10 una disposición de caja de engranajes (52) dispuesta para acoplar los medios de accionamiento (44) a la bomba (38), comprendiendo la disposición de caja de engranajes (52) un árbol de entrada rotatorio (54) configurado para accionarse por los medios de accionamiento (44) y un árbol de salida rotatorio (56) configurado para accionar la bomba (38), en el que el árbol de entrada (54) puede hacerse rotar en un primer sentido de rotación y un segundo sentido de rotación cuando se acciona por los medios de accionamiento
15 (44) y el árbol de salida (56) puede hacerse rotar en el primer sentido de rotación, y en el que la velocidad de rotación del árbol de salida (56) está determinada por un modo de funcionamiento de la disposición de caja de engranajes (52), de manera que:
20 en un primer modo de funcionamiento, cuando el árbol de entrada (54) rota en el primer sentido de rotación a una primera velocidad de rotación, la disposición de caja de engranajes (52) está configurada para accionar el árbol de salida (56) para rotar también en el primer sentido de rotación a la primera velocidad de rotación; y
25 en un segundo modo de funcionamiento, cuando el árbol de entrada (54) rota en el segundo sentido de rotación a la primera velocidad de rotación, la disposición de caja de engranajes (52) está configurada para accionar el árbol de salida (56) para rotar en el primer sentido de rotación a una segunda velocidad de rotación, caracterizado porque la segunda velocidad de rotación es más baja que la primera velocidad de rotación.
2. Sistema de bombeo (32) según la reivindicación 1, en el que la disposición de caja de engranajes (52) comprende un conjunto de engranajes epicíclicos (66).
3. Sistema de bombeo (32) según la reivindicación 2, en el que el conjunto de engranajes epicíclicos (66) proporciona una relación de engranajes en el intervalo de 2:1 a 4:1 en el segundo modo de funcionamiento, de manera que la primera velocidad de rotación está en el intervalo de dos a cuatro veces más rápida que la
35 segunda velocidad de rotación en el segundo modo de funcionamiento.
4. Sistema de bombeo (32) según la reivindicación 2 o la reivindicación 3, en el que el conjunto de engranajes epicíclicos (66) comprende un engranaje solar (72), una pluralidad de engranajes planetarios (74) y un engranaje anular (76), en el que el engranaje solar (72) está acoplado al árbol de entrada (54) de modo que la rotación del árbol de entrada (54) acciona la rotación del engranaje solar (72) y el engranaje anular (76) está acoplado al árbol de salida (56) de modo que la rotación del engranaje anular (76) acciona la rotación del árbol de salida (56).
- 45 5. Sistema de bombeo (32) según la reivindicación 4, en el que los engranajes planetarios (74) están montados en un soporte (84) para poder rotar alrededor del eje de rotación, r_p , y alrededor de un eje central del conjunto de engranajes, r_s , y en el que la disposición de caja de engranajes (52) comprende un acoplamiento de soporte (86) configurado para permitir la rotación del soporte (84) alrededor del eje central, r_s , en el primer sentido y evitar la rotación del soporte (84) alrededor del eje central, r_s , en el segundo sentido.
- 50 6. Sistema de bombeo (32) según la reivindicación 4 o la reivindicación 5, en el que la disposición de caja de engranajes (52) comprende un acoplamiento de engranaje solar configurado para acoplar de manera rotacional el engranaje solar (72) y el engranaje anular (76) cuando el engranaje solar (72) rota en el primer sentido de rotación, pero para permitir la rotación relativa entre el engranaje solar (72) y el engranaje anular (76) cuando el engranaje solar (72) rota en el segundo sentido de rotación.
- 55 7. Sistema de bombeo (32) según la reivindicación 6, en el que el acoplamiento de engranaje solar comprende un embrague unidireccional (90) asociado con al menos uno de dichos engranajes planetarios (74) y configurado para permitir la rotación del engranaje planetario (74) alrededor de su eje de rotación, r_p , en el primer sentido y evitar la rotación del engranaje planetario (74) alrededor de su eje de rotación, r_p , en el
60 segundo sentido.
8. Sistema de bombeo (32) según la reivindicación 6, en el que el acoplamiento de engranaje solar comprende un acoplamiento mecánico (96) configurado para acoplar directamente la rotación de los engranajes solar y anular (72, 76) cuando el engranaje solar (72) rota en el primer sentido de rotación, pero para permitir la rotación relativa entre el engranaje solar (72) y el engranaje anular (76) cuando el engranaje solar (72) rota
65

en el segundo sentido de rotación.

9. Turbina eólica (10) que comprende un sistema de bombeo (32) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

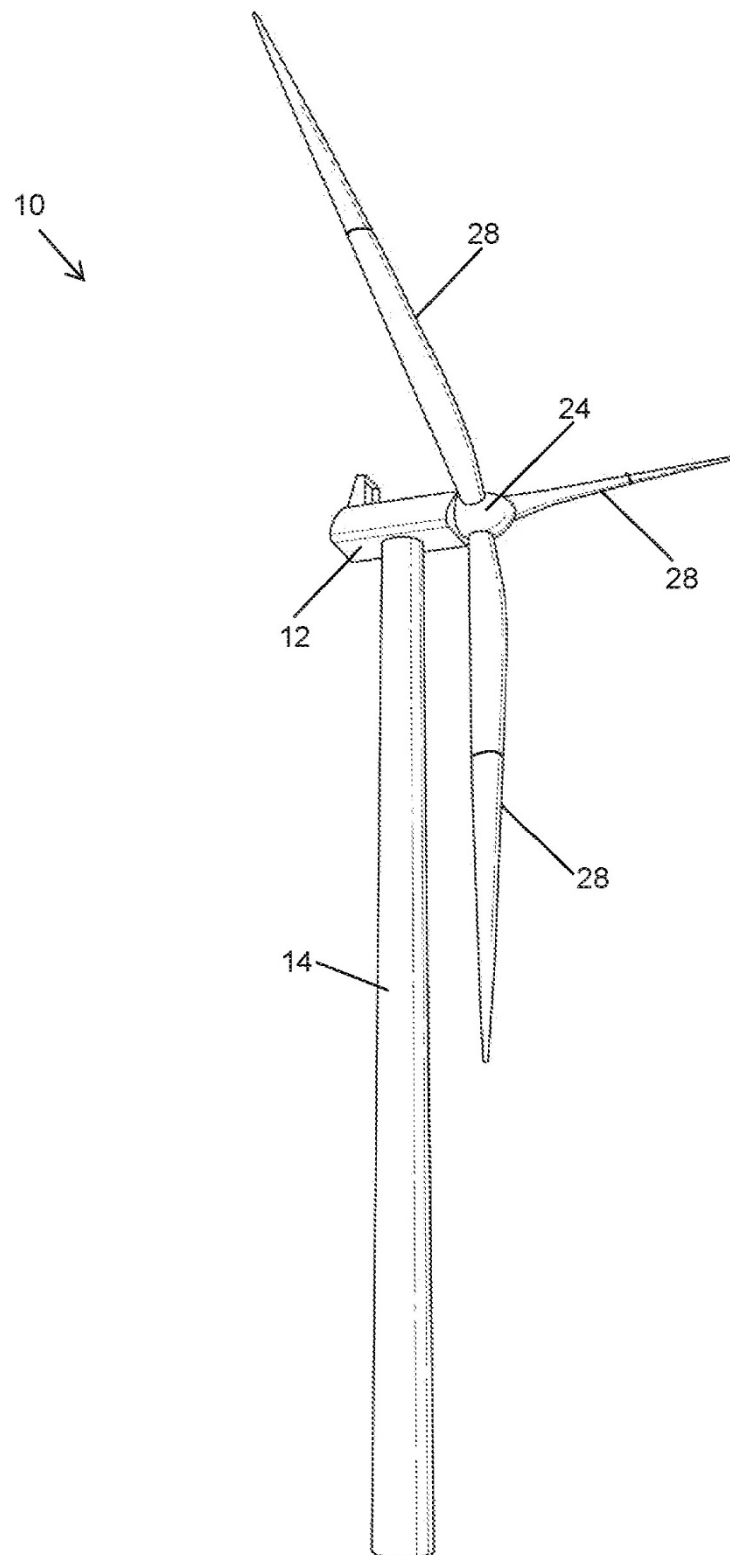


Figura 1

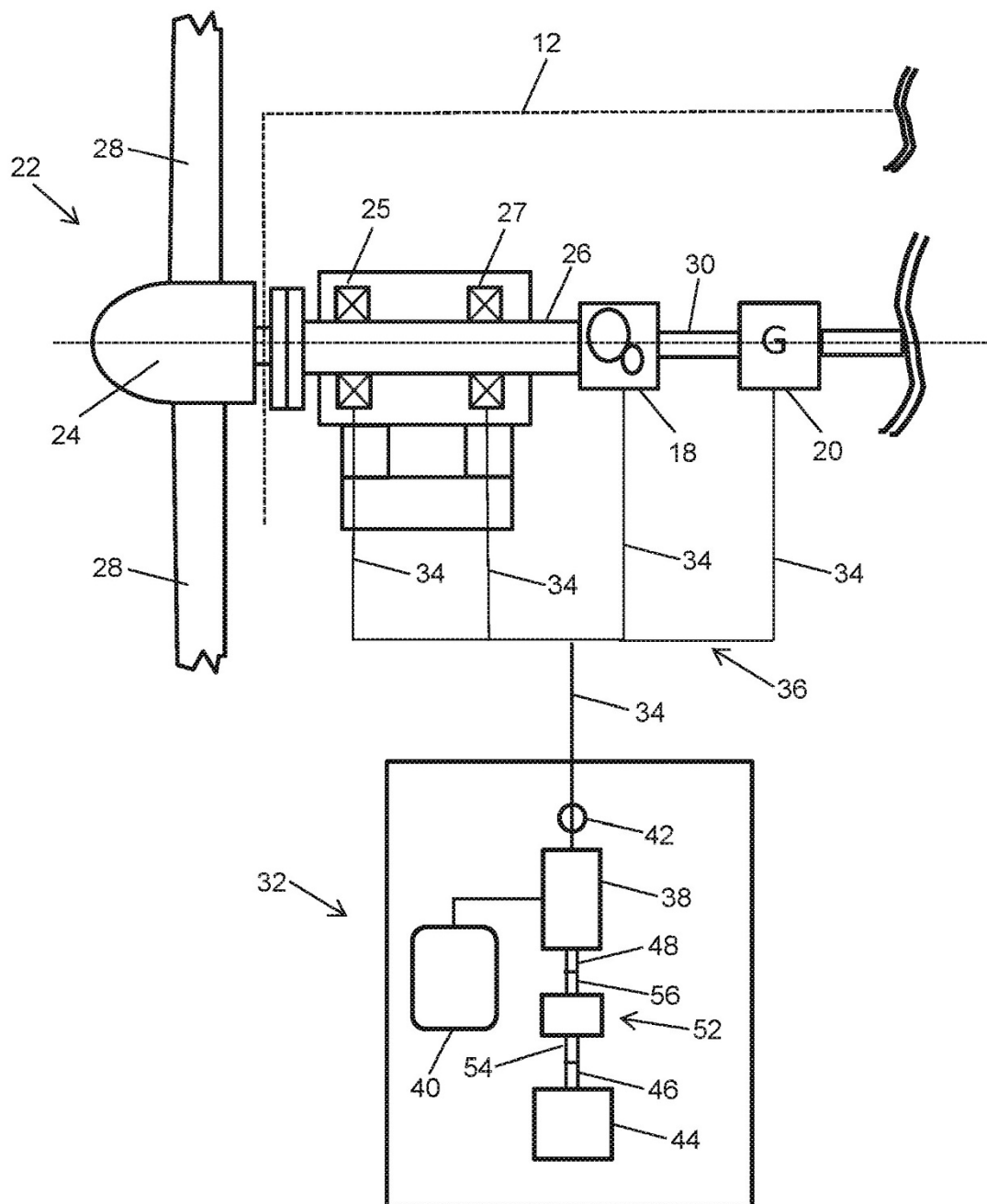


Figura 2

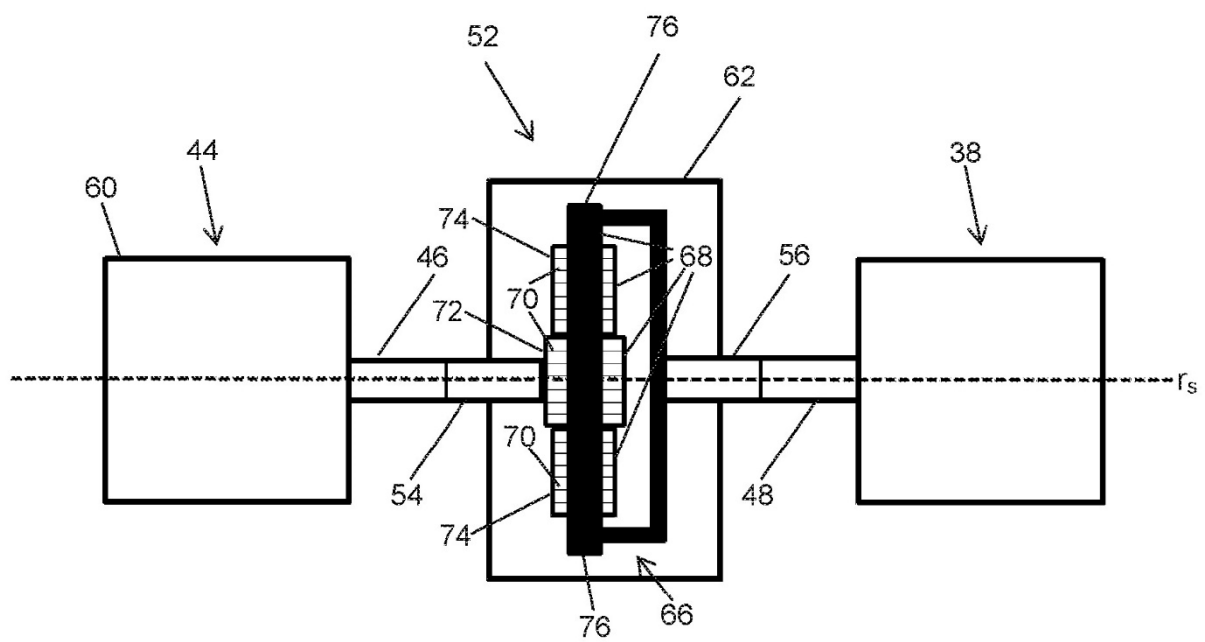


Figura 3

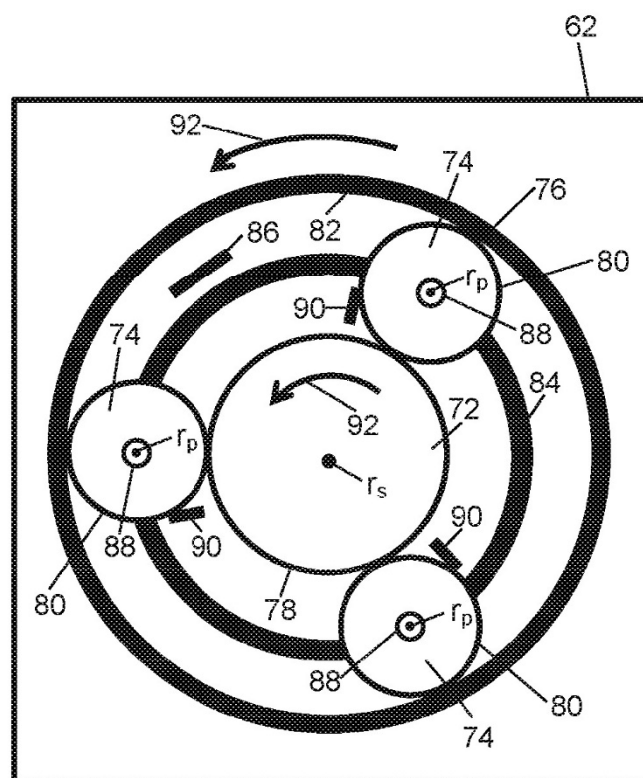


Figura 4a

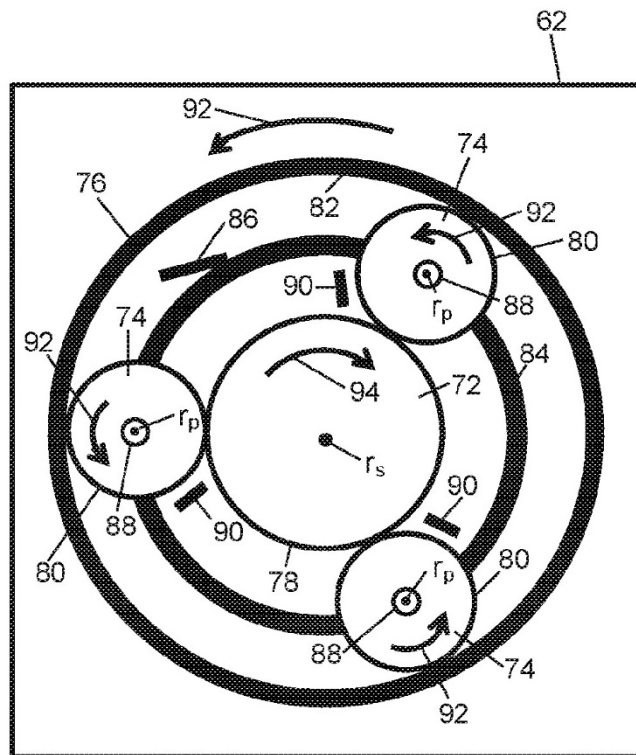


Figura 4b

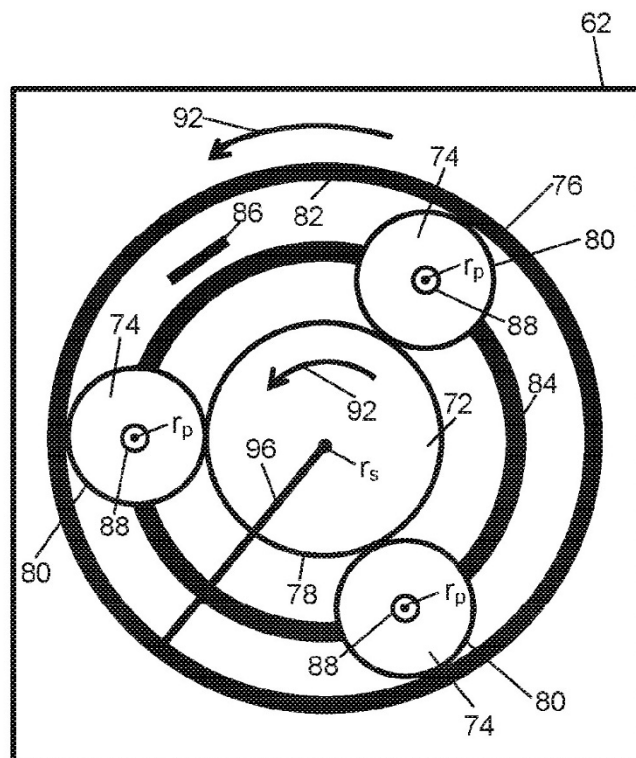


Figura 5a

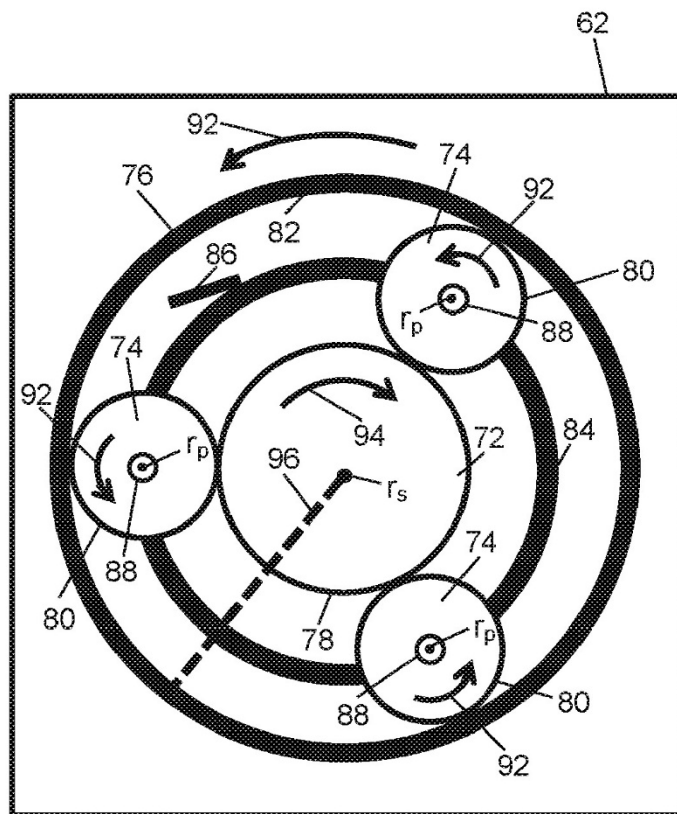


Figura 5b