

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 711 827**

51 Int. Cl.:

F16H 57/04 (2010.01)

F16H 57/08 (2006.01)

F03D 80/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.09.2011 E 11182316 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2018 EP 2573391**

54 Título: **Método y disposición para controlar la lubricación de un sistema de engranajes**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.05.2019

73 Titular/es:

**MOVENTAS GEARS OY (100.0%)
P.O. Box 158 / Eteläportintie 91
40701 Jyväskylä, FI**

72 Inventor/es:

**UUSITALO, KARI y
ELFSTRÖM, JUKKA**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 711 827 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

Método y disposición para controlar la lubricación de un sistema de engranajes

Campo técnico

5 La invención se refiere en general a la tecnología para proporcionar lubricación a un engranaje mecánico de una turbina eólica. Especialmente, la invención se refiere a la tecnología para garantizar una lubricación adecuada en una amplia variedad de condiciones, sobre las que un operador responsable del correcto funcionamiento del engranaje puede ejercer poca o ninguna influencia.

Antecedentes de la invención

10 En esta descripción, se usa el término rueda de engranaje para referirse a una parte de máquina rotativa y dentada. Dos o más ruedas de engranaje que se engranan constituyen una etapa de engranaje. El término engranaje como tal se refiere en esta descripción a un sistema mecánico que tiene un primer árbol y un segundo árbol, entre los cuales una o más etapas de engranaje proporcionan conversiones de velocidad y par de torsión y/o un cambio de dirección de un eje de rotación. Una unidad de engranaje comprende un engranaje correcto y puede comprender sistemas aumentadores auxiliares, tales como disposiciones de instrumentación, control y lubricación.

15 La unidad de engranaje de una turbina eólica desempeña un papel importante en la transmisión de la potencia y la energía de rotación de las palas de rotor al generador, lo que crea energía eléctrica. Garantizar el funcionamiento fiable y sin problemas del engranaje es vital para lograr un desempeño correcto de la turbina eólica. Como tal, también se encuentran engranajes en otras muchas aplicaciones, pero las características específicas y condiciones ambientales exigentes que se refieren a una turbina eólica implican que su diseño exige a menudo soluciones especiales altamente desarrolladas.

20

En una turbina eólica, el primer árbol del engranaje se acopla al conjunto de rotor y el segundo árbol se acopla al generador. Dentro del engranaje, al menos una etapa de engranaje está ubicada entre los árboles primero y segundo para transmitir el movimiento de rotación y para implementar las razones de velocidad y par de torsión deseadas entre los árboles. Se usan cojinetes para soportar los árboles y las ruedas de engranaje con la menor fricción posible.

25

La(s) etapa(s) de engranaje y los cojinetes requieren lubricación, para cuyo fin la unidad de engranaje comprende normalmente una bomba de lubricación configurada para hacer circular fluido de lubricación a través de las etapas de engranaje y los cojinetes. En implementaciones muy simples, se usa un movimiento de rotación de alguna parte del engranaje para impulsar la bomba de lubricación. En lo que se refiere a una turbina eólica, que puede permanecer estática durante largos periodos, una bomba de lubricación impulsada por eje de ese tipo provocaría un retraso en la puesta en marcha antes de que una cantidad suficiente de fluido de lubricación pueda alcanzar las partes móviles críticas y, por tanto, no se recomienda.

30

Una solución más versátil implica usar una fuente de alimentación dedicada, tal como un motor eléctrico o hidráulico, para impulsar la bomba de lubricación. Como parte de una puesta en marcha controlada, la fuente de alimentación puede encenderse antes de que las ruedas de engranaje comiencen a moverse, de modo que reciban la cantidad apropiada de fluido de lubricación ya desde el principio. Para saber cuándo encender la fuente de alimentación se requiere obviamente que la unidad de engranaje comprenda, o se beneficie del funcionamiento de, una unidad de control que pueda controlar el funcionamiento de partes grandes de la turbina eólica.

35

Sin embargo, incluso en tales casos, encontrar el método de lubricación adecuado no es sencillo. Como ejemplo, pueden producirse temperaturas que oscilan entre -40 y más de +85 grados centígrados dentro del engranaje, con efectos significativos sobre la viscosidad del fluido de lubricación. Los cambios de viscosidad afectan al modo en que el fluido de lubricación fluye a través de los canales de lubricación, y también a su capacidad de mantener la película lubricante entre partes metálicas que se mueven unas con respecto a otras.

40

Un documento de la técnica anterior DE 10 2007 029469 A1 da a conocer una disposición de lubricación para una turbina eólica, en la que se usan tanto una bomba de engranajes mecánicos como una bomba de lubricación eléctrica. La bomba de engranajes mecánicos solo bombea fluido de lubricación siempre que el nivel de fluido en el cárter sea lo suficientemente alto.

45

Un documento adicional de la técnica anterior US2011/0188988 da a conocer una disposición de lubricación para una turbina eólica. Si el grosor de película, tal como se indica por los sensores de proximidad, supera un valor umbral (por ejemplo, disminuye por debajo de un valor umbral), entonces el funcionamiento de la turbina eólica puede verse alterado al cambiar el estado dinámico de la turbina eólica o al aumentar la presurización de la película de fluido.

50

Sumario de la invención

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un método y una disposición para controlar la lubricación de un

- 5 engranaje de modo eficaz y ventajoso. Otro objetivo de la presente invención es garantizar que puede lograrse un control de la lubricación con una inversión razonable en maquinaria e instrumentación. Un objetivo adicional de la invención es garantizar que puede integrarse fácilmente un control de lubricación con otras funcionalidades de control de una unidad de engranaje. Aún otro objetivo de la invención es permitir ajustar a escala fácilmente el método de control de lubricación para engranajes de diversas dimensiones.
- Estos y otros objetivos ventajosos de la invención se logran colocando un sensor de presión de fluido de lubricación aguas abajo de la bomba de lubricación y usando la presión medida para hacer variar al menos parcialmente la potencia de salida de la bomba de lubricación.
- 10 Una disposición de lubricación de engranajes según la invención se caracteriza por las características enumeradas en la parte caracterizadora de la reivindicación independiente referida a una disposición de ese tipo.
- Un método según la invención se caracteriza por los rasgos distintivos enumerados en la parte caracterizadora de la reivindicación independiente referida a un método.
- 15 El funcionamiento de una bomba de lubricación hace principalmente que la presión del fluido de lubricación aumente en la salida de la bomba. Si las condiciones siguen siendo iguales, se alcanza pronto un estado de equilibrio en el que la presión creciente se equilibra mediante la resistencia al flujo con la que se encuentra el fluido de lubricación en su camino a través de los canales de lubricación aguas abajo de la bomba de lubricación, dando como resultado un flujo de salida estacionario de la bomba de lubricación. En condiciones de estado estacionario, una lectura de presión obtenida en una ubicación fija aguas abajo de la bomba de lubricación permanece igual.
- 20 La viscosidad de fluidos de lubricación habituales es inversamente proporcional a su temperatura. Una temperatura interna creciente del engranaje, donde el fluido de lubricación entra en contacto con las partes mecánicas móviles, hace que se caliente el fluido de lubricación. Por consiguiente, disminuye la viscosidad del fluido de lubricación, y se debilita la capacidad del fluido de lubricación de mantener una película lubricante entre partes metálicas en contacto. También disminuye la resistencia al flujo observada en los canales de lubricación. Esto último tendería a reducir la lectura de presión, a menos que haya realimentación de la medición de presión a la potencia de salida controlada de la bomba de lubricación.
- 25 Lo mismo es cierto independientemente de cuál sea el motivo para el cambio de viscosidad: la realimentación apropiada de la medición de presión hará que la potencia de salida de la bomba de lubricación compense el cambio de presión. Por ejemplo, si el envejecimiento y/o la introducción de impurezas hacen que cambie la viscosidad del fluido de lubricación, el cambio resultante de su capacidad de lubricación se verá contrarrestado al menos parcialmente por la bomba de lubricación que cambia su potencia de salida en un intento por mantener la presión medida en un valor deseado.
- 30 Una potencia de salida observada de una bomba de lubricación de presión controlada (o una señal de control observada facilitada a la bomba de lubricación como resultado del uso de realimentación de presión) puede usarse incluso como indicador de las condiciones del sistema de lubricación. Por ejemplo, si varias de otras características medidas de la unidad de engranaje siguen siendo iguales pero la potencia de salida de la bomba de lubricación ha cambiado considerablemente, esto podría indicar un problema con el fluido de lubricación o un bloqueo o daño en los canales de lubricación. Un aumento considerable de la potencia de salida seleccionada para la bomba de lubricación sin un aumento resultante de la presión medida también podría indicar un problema en la bomba de lubricación o su fuente de alimentación.
- 35 Puede usarse información adicional para aumentar la lectura de presión medida al controlar la bomba de lubricación. Por ejemplo, si una medición de temperatura muestra que el fluido de lubricación está extremadamente frío (y, por tanto, es lento), ni siquiera una potencia de salida relativamente alta de la bomba de lubricación puede dar como resultado una lectura de presión sorprendentemente baja, ya que el fluido de lubricación experimenta una resistencia al flujo excepcionalmente alta entre la salida de bomba y el punto de medición. Con el fin de evitar que la bomba de lubricación oponga resistencia de manera innecesaria al fluido de lubricación altamente viscoso, puede ser ventajoso controlar la potencia de salida de la bomba de lubricación con un algoritmo de control que tenga en cuenta la presión medida del fluido de lubricación aguas abajo de la bomba de lubricación y también otra información, tal como una temperatura medida.
- 40 Las realizaciones a modo de ejemplo de la invención presentada en esta solicitud de patente no deben interpretarse como que plantean limitaciones a la aplicabilidad de las reivindicaciones adjuntas. El verbo "comprender" se usa en esta solicitud de patente como limitación abierta que no excluye la existencia de rasgos distintivos también enumerados. Los rasgos distintivos enumerados en las reivindicaciones dependientes pueden combinarse de manera mutuamente libre a menos que se exponga explícitamente lo contrario.
- 45 Las realizaciones a modo de ejemplo de la invención presentada en esta solicitud de patente no deben interpretarse como que plantean limitaciones a la aplicabilidad de las reivindicaciones adjuntas. El verbo "comprender" se usa en esta solicitud de patente como limitación abierta que no excluye la existencia de rasgos distintivos también enumerados. Los rasgos distintivos enumerados en las reivindicaciones dependientes pueden combinarse de manera mutuamente libre a menos que se exponga explícitamente lo contrario.
- 50 Los rasgos distintivos novedosos que se consideran característicos de la invención se exponen en particular en las reivindicaciones adjuntas. Sin embargo, la propia invención, tanto con respecto a su construcción como a su método de funcionamiento, junto con ventajas y objetos adicionales de la misma, se entenderá de la mejor manera a partir de la siguiente descripción de realizaciones específicas cuando se lea en relación con los dibujos adjuntos.
- 55

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 ilustra de manera esquemática algunas partes de una unidad de engranaje,

la figura 2 ilustra un uso a modo de ejemplo de un regulador P/I,

la figura 3 ilustra un aspecto de método de una realización de la invención, y

5 la figura 4 ilustra un aspecto de método de otra realización de la invención.

Descripción detallada de realizaciones de la invención

La figura 1 es una ilustración esquemática de ciertas partes de una unidad de engranaje 100, tal como una unidad de engranaje para una turbina eólica. Un engranaje 101 comprende un primer árbol 102 y un segundo árbol 103 para la conexión a un sistema mecánico externo, tal como un rotor y un generador, respectivamente. Dentro del engranaje 101, al menos una etapa de engranaje 104 está ubicada entre los árboles primero y segundo 102 y 103. Los cojinetes, de los que se muestra el cojinete 105 como ejemplo, soportan los árboles.

Además del engranaje correcto, la unidad de engranaje comprende una disposición de lubricación de engranajes. Una parte de la disposición de lubricación de engranajes es una bomba de lubricación 106 para hacer circular fluido de lubricación, tal como aceite lubricante 107 que se muestra de manera esquemática que procede de un cárter o depósito de aceite 108. El uso de un depósito es específico de las denominadas soluciones de cárter seco, en las que no hay un cárter de aceite de gran capacidad directamente debajo de las partes de máquina lubricadas. La presente invención se ha diseñado específicamente para engranajes de cárter seco, pero también puede aplicarse en asociación con soluciones de cárter húmedo.

Una fuente de alimentación 109 está acoplada a la bomba de lubricación 106 para impulsarla. Para los fines de un control fácil y flexible, se selecciona a menudo un motor eléctrico como la fuente de alimentación 109, pero también puede ser, por ejemplo, un motor hidráulico, un accionador que se mueve hacia atrás y hacia adelante, o cualquier otra fuente de alimentación que pueda hacer que la bomba de lubricación 106 bombee fluido de lubricación a diferentes potencias de salida.

El funcionamiento de la fuente de alimentación 109 está controlado a su vez por un controlador. En esta descripción, se usa el término "controlador" para referirse en general a una entidad que puede hacer de manera activa que la fuente de alimentación 109 impulse la bomba de lubricación 106 de manera deseada, de modo que esta última bombea fluido de lubricación a una potencia de salida deseada. En resumen, puede decirse que es el controlador el que controla finalmente la potencia de salida de la bomba de lubricación, ya que la inteligencia esencial de la disposición de control reside en el controlador. El controlador se acopla a la bomba de lubricación y/o la fuente de alimentación. La naturaleza y el fin de tal acoplamiento se describen en más detalle a continuación.

En la realización a modo de ejemplo de la figura 1, el controlador comprende una unidad de control 110 y una unidad de impulsión 111. De estas, la unidad de impulsión 111 está configurada para suministrar potencia de funcionamiento a la fuente de alimentación 109 en cantidades apropiadas, de modo que como resultado la fuente de alimentación 109 impulsa a su vez la bomba de lubricación 106, haciendo que suministre la potencia de salida deseada. Si la fuente de alimentación 109 es un motor eléctrico, la unidad de impulsión 111 puede ser, por ejemplo, un elemento de impulsión de frecuencia variable.

La unidad de control 110 está configurada para facilitar a la unidad de impulsión 111 las órdenes de control que regulan el suministro de potencia de funcionamiento a la fuente de alimentación 109. Por ejemplo, un elemento de impulsión de frecuencia variable puede recibir sus órdenes de control en forma de niveles de tensión analógica o palabras de control digital desde la unidad de control 110.

La formación de las órdenes de control se basa al menos parcialmente en información de realimentación que el controlador (en este caso: la unidad de control 110) obtiene de la disposición de lubricación. En particular, la disposición de lubricación de engranajes de la figura 1 comprende un sensor de presión 112 que está dispuesto aguas abajo de la bomba de lubricación 106 con respecto al fluido de lubricación bombeado por la bomba de lubricación. El sensor de presión 112 está configurado para medir la presión del fluido de lubricación y para producir una señal de indicación de presión representativa de la misma. Un acoplamiento desde el sensor de presión 112 hasta el controlador (en este caso: hasta la unidad de control 110) proporciona el suministro de la señal de indicación de presión al controlador, de modo que este último conoce de manera constante la presión del fluido de lubricación en el punto en el que está ubicado el sensor de presión 112. Según una realización de la invención, el controlador está dispuesto para hacer variar la potencia de salida de la bomba de lubricación 106 basándose al menos parcialmente en la señal de indicación de presión que recibe desde el sensor de presión 112.

La implementación física real del sensor de presión 112 no es esencial para la invención. Se conocen sensores de presión adecuados para medir la presión de fluidos de lubricación a partir de la técnica anterior de medición de presión. La ubicación exacta del sensor de presión 112 tampoco es de vital importancia para la presente invención, siempre que esté aguas abajo de la bomba de lubricación 106 y aguas arriba de un punto en el que se dispensará el

fluido de lubricación a un espacio esencialmente libre sobre partes de máquina móviles. Normalmente, el sensor de presión 112 debe estar ubicado dentro de un canal que, como resultado del funcionamiento de la bomba de lubricación 106, siga estando completamente lleno de fluido de lubricación en movimiento. Pueden usarse uno, dos, o más sensores de presión. Si hay dos o más sensores de presión, derivar la señal de indicación de presión puede incluir operaciones aritméticas como calcular una diferencia o valor promedio, o tener en cuenta lecturas de presión de diferentes partes del sistema de diferentes modos.

Según una realización de la invención, el funcionamiento del controlador, es decir su disposición para hacer variar la potencia de salida de la bomba de lubricación 106, tiene como objetivo impulsar la presión medida del fluido de lubricación hacia cierta presión objetivo predeterminada. Dicho de otro modo, hay un cierto valor de presión predeterminado para el fluido de lubricación aguas abajo de la bomba de lubricación 106 que el controlador tiene como objetivo mantener.

La justificación de un objetivo de ese tipo es la percepción de que, si el fluido de lubricación se bombea con una potencia de salida que produce una presión dada en un sistema de canales que tiene una sección transversal neta fija, el sistema de canales suministrará el fluido de lubricación a los engranajes y cojinetes que van a lubricarse en cantidades suficientes que garantizan la formación correcta de una película lubricante entre partes móviles. Se tienen en cuenta automáticamente cambios dinámicos de viscosidad del fluido de lubricación (por ejemplo, como resultado de su temperatura cambiante), ya que un fluido de menor viscosidad experimentará una menor resistencia al flujo. Por consiguiente, tenderá a producir una menor presión dentro de los canales, de modo que la realimentación de presión provocará un aumento de la potencia de salida de la bomba de lubricación. Por tanto, la capacidad decreciente del fluido de menor viscosidad de mantener la película lubricante se compensará aumentando la cantidad por unidad de tiempo del fluido de lubricación que se suministrará a las partes móviles.

Una implementación ventajosa de la unidad de control 110 comprende un regulador proporcional e integrador (P/I) 201, tal como se muestra en la figura 2. Se calcula la diferencia entre la señal de indicación de presión obtenida a partir del sensor de presión 112 y un valor de presión objetivo leído a partir de una memoria, en un calculador de diferencia 202, y dicha diferencia representa una cantidad de entrada del regulador proporcional e integrador 201. El uso de un regulador proporcional e integrador es un modo de implementar una función de control que reacciona de manera dinámica a y tiene en cuenta la magnitud de la diferencia entre medición y objetivo, y también cierto historial de cómo ha evolucionado la diferencia recientemente.

La figura 3 es un diagrama esquemático de un método de control simple y a modo de ejemplo implementado por el controlador para compensar cambios en la presión medida del fluido de lubricación. Anteriormente se señaló que el controlador recibe de manera constante (o de manera regular) una señal de indicación de presión desde el sensor de presión 112. En la etapa 301, el controlador examina si la presión medida es menor que un primer valor predeterminado, que podría caracterizarse como el límite inferior de presión admisible. Como respuesta a que la presión medida es menor que el primer valor predeterminado, el controlador aumenta la potencia de salida de la bomba de lubricación en la etapa 302. Si la presión no es menor que el primer valor predeterminado, el controlador procede a examinar en la etapa 303 si es mayor que un límite superior que, en este caso, se denomina segundo valor predeterminado. Como respuesta a que la presión medida es mayor que el segundo valor predeterminado, el controlador disminuye la potencia de salida de la bomba de lubricación en la etapa 304. Si no se superan ni el límite inferior ni el límite superior, el controlador simplemente retorna directamente de la etapa 303 a la etapa 301.

Dependiendo de lo sofisticado que sea el control que se tiene como objetivo y, por ejemplo, cuáles sean las posibilidades de control permitidas por la estructura y el funcionamiento del elemento de impulsión 111 y la fuente de alimentación 109, puede implementarse o bien un control escalonado o bien un control continuo de la potencia de salida de la bomba de lubricación 106. Control escalonado quiere decir que el controlador está dispuesto para seleccionar la potencia de salida de la bomba de lubricación a partir de un conjunto de al menos tres valores discretos. Control continuo quiere decir que el controlador está dispuesto para hacer variar la potencia de salida de la bomba de lubricación de manera continua. En realidad, el control digital es inherentemente escalonado en todos los casos dada la naturaleza discreta del espacio de números compuesto por las palabras de control posibles. Sin embargo, con fines prácticos, es habitual reservar el término control escalonado solo para casos en los que la diferencia de potencia de salida resultante del uso de órdenes de control adyacentes es lo suficientemente grande como para distinguirse claramente de, por ejemplo, fluctuaciones provocadas por fuentes no controladas tales como fricción.

La figura 4 ilustra un ejemplo de un método de control continuo simple que comprende solo dos etapas diferenciadas. En la etapa 401, se calcula la diferencia entre una señal de indicación de presión y un valor objetivo, y en la etapa 402, se cambia la potencia de salida de la bomba de lubricación con el fin de hacer que la señal de indicación de presión se aproxime al valor objetivo.

La disposición a modo de ejemplo de la figura 1, en la que el controlador comprende la unidad de control 110 y la unidad de impulsión 111 como entidades separadas (al menos de manera lógica), es habitual para soluciones en las que la unidad de control 110 también es responsable de otras clases de funciones de control aparte de la realimentación de presión. Es posible incorporar las funciones de una unidad de control y una unidad de impulsión en una estructura solidaria, que toma la señal de indicación de presión (o alguna derivada sencilla de la misma)

como señal de entrada y suministra potencia de funcionamiento a la fuente de alimentación en cantidades apropiadas en su salida. Se conocen elementos de impulsión de conversión de frecuencia variable avanzados que comprenden cierto grado de programabilidad. Pueden programarse para que comparen una entrada (tal como una señal de indicación de presión) con un valor objetivo preprogramado, o realicen otras operaciones lógicas, que dan como resultado la impulsión de un motor eléctrico con una relación predeterminada con dicha entrada.

La disposición de lubricación de engranajes de la figura 1 también comprende un sensor de temperatura 113. Está configurado para medir la temperatura del fluido de lubricación bombeado por la bomba de lubricación 106. El sensor de temperatura 113 está configurado para producir una señal de indicación de temperatura que representa la temperatura medida del fluido de lubricación. Un acoplamiento desde el sensor de temperatura 113 hasta la unidad de control 110 permite que la unidad de control también tenga en cuenta la temperatura del fluido de lubricación al determinar, junto con la unidad de impulsión 111, la potencia de salida apropiada de la bomba de lubricación. Puede decirse que el controlador, que en la figura 1 comprende la unidad de control 110 y la unidad de impulsión 111, está dispuesto para hacer variar la potencia de salida de la bomba de lubricación 106 basándose al menos parcialmente en la señal de indicación de temperatura.

La implementación física y ubicación precisa del sensor de temperatura 113 no son de vital importancia para la presente invención, siempre que el sensor de temperatura pueda medir una temperatura que tiene una relación lo suficientemente inequívoca con las características inducidas por la temperatura del fluido de lubricación bombeado por la bomba de lubricación. Pueden usarse uno o más sensores de temperatura. Si hay más de un sensor de temperatura, derivar la señal de indicación de temperatura a partir de sus salidas puede incluir cálculos tales como tomar una diferencia o valor promedio, u otras clases de procesamiento.

Según una realización de la invención, el controlador está configurado para aceptar señales de indicación de menor presión para fluidos de lubricación más fríos. Si el fluido de lubricación está muy frío, tal como en la puesta en marcha en condiciones invernales, también tiene una viscosidad relativamente alta. Esto conduce a su vez a una mayor resistencia al flujo en cualquier canal a través del que debe fluir el fluido de lubricación. Cuanto mayor sea la resistencia al flujo de un fluido, mayor potencia de bombeo lleva en una entrada de un canal obtener una lectura de presión predeterminada en la salida de dicho canal. No limitar la potencia de bombeo en condiciones muy frías podría conducir a una situación en la que el controlador intenta aumentar de manera innecesaria la potencia de salida de la bomba de lubricación más allá de límites razonables, simplemente porque el fluido de lubricación frío y pegajoso pierde mucha presión en su camino hacia el sensor de presión simplemente debido a la resistencia al flujo.

En la representación del método de la figura 3, puede incorporarse la selección de la presión objetivo para el fluido de lubricación en las etapas 301 y 303. Por ejemplo, como respuesta a una señal de indicación de temperatura indicativa de que el fluido de lubricación está más frío que un umbral predeterminado, se selecciona una segunda presión objetivo para el fluido de lubricación. La segunda presión objetivo es menor que una primera presión objetivo que se selecciona para el fluido de lubricación a temperaturas que son mayores que dicho umbral predeterminado.

La relación apropiada entre temperatura medida y presión deseada del fluido de lubricación puede hallarse a través de experimentos. Una alternativa es usar la señal de indicación de temperatura como orden de encendido/apagado para la determinación basada en presión de la potencia de salida de la bomba de lubricación. Dicho de otro modo, el controlador hará variar la potencia de salida de la bomba de lubricación basándose en la señal de indicación de presión solo si la lectura de la señal de indicación de temperatura indica que la temperatura del fluido de lubricación está dentro de ciertos límites, entre los que se ha hallado que el control basado en presión produce los resultados apropiados. Aún otra alternativa es que el controlador esté equipado con dos o más algoritmos de control basado en presión mutuamente alternativos, y usar la señal de indicación de temperatura para seleccionar el algoritmo de control basado en presión que sea el más adecuado para las temperaturas indicadas por la señal de indicación de temperatura.

Las señales de indicación de presión (y posiblemente de temperatura) pueden transmitir importante información de primera mano sobre lo que sucede en la unidad de engranaje y su lubricación. Es habitual para las turbinas eólicas que exista una ubicación de monitorización remota en la que se monitorizan las condiciones y el funcionamiento de varias turbinas eólicas. La disposición de lubricación de engranajes de la figura 1 comprende una salida de señalización 114 para transmitir información a una ubicación de monitorización remota de ese tipo. La salida de señalización puede usarse para señalar muchas clases de información, especialmente en realizaciones en las que la unidad de control 110 también es responsable de otras clases de funciones de control aparte de la realimentación de presión. Como realización de la presente invención, el controlador puede estar configurado para enviar a la salida de señalización 114 información indicativa de qué potencia de salida se ha seleccionado para la bomba de lubricación 106. Además o como alternativa, puede estar configurado para enviar a la salida de señalización 114 información indicativa de las señales de indicación de temperatura y/o presión que ha recibido de los sensores 112 y 113.

La conexión representada en la figura 1 como la salida de señalización 114 también puede ser bidireccional, de modo que algún otro dispositivo (como la ubicación de monitorización remota) puede descargar en el controlador, por ejemplo, nuevos algoritmos y/o nuevos valores objetivo o valores limitantes de la presión del fluido de lubricación.

Los ejemplos específicos proporcionados en la descripción facilitada anteriormente no deben interpretarse como limitativos. Por tanto, la invención no se limita solamente a las realizaciones descritas anteriormente.

REIVINDICACIONES

1. Disposición de lubricación de engranajes para proporcionar lubricación a un engranaje (101), que comprende:
 - una bomba de lubricación (106) para hacer circular fluido de lubricación (107),
- 5 - una fuente de alimentación (109) acoplada a la bomba de lubricación (106) para impulsar la bomba de lubricación (106), y
 - un controlador acoplado a al menos una de la bomba de lubricación (106) y la fuente de alimentación (109), para controlar la potencia de salida de la bomba de lubricación (106),
 en la que
- 10 - la disposición de lubricación de engranajes está configurada para proporcionar lubricación a un engranaje (101) de una turbina eólica,
 - la disposición de lubricación de engranajes comprende un sensor de presión (112) dispuesto aguas abajo de la bomba de lubricación (106) con respecto al fluido de lubricación bombeado por la bomba de lubricación (106),
- 15 - el sensor de presión (112) está configurado para medir la presión del fluido de lubricación y para producir una señal de indicación de presión representativa de la misma,
 - la disposición de lubricación de engranajes comprende un sensor de temperatura (113) configurado para medir la temperatura del fluido de lubricación y para producir una señal de indicación de temperatura representativa de la misma, caracterizada porque
- 20 - el controlador está dispuesto para hacer variar la potencia de salida de la bomba de lubricación (106) basándose al menos parcialmente en la señal de indicación de presión y basándose al menos parcialmente en la señal de indicación de temperatura, de modo que la potencia de salida de la bomba de lubricación se limite en respuesta a una situación en la que la señal de indicación de temperatura indica una temperatura por debajo de un límite predeterminado.
- 25 2. Disposición de lubricación de engranajes según la reivindicación 1, caracterizada porque el controlador está dispuesto para hacer variar la potencia de salida de la bomba de lubricación (106) para impulsar la presión medida del fluido de lubricación hacia una presión objetivo.
- 30 3. Disposición de lubricación de engranajes según la reivindicación 2, caracterizada porque el controlador comprende un regulador proporcional e integrador (201), y una diferencia entre la señal de indicación de presión y un valor objetivo de la señal de indicación de presión representa una cantidad de entrada del regulador proporcional e integrador (201).
- 35 4. Disposición de lubricación de engranajes según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada porque el controlador está dispuesto para compensar los cambios de la presión medida del fluido de lubricación, aumentando la potencia de salida de la bomba de lubricación (106) como respuesta a que la presión medida es menor que un primer valor predeterminado, y disminuyendo la potencia de salida de la bomba de lubricación (106) como respuesta a que la presión medida es mayor que un segundo valor predeterminado.
- 40 5. Disposición de lubricación de engranajes según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada porque el controlador está dispuesto para seleccionar la potencia de salida de la bomba de lubricación (106) a partir de un conjunto de al menos tres valores discretos.
6. Disposición de lubricación de engranajes según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada porque el controlador está dispuesto para hacer variar la potencia de salida de la bomba de lubricación (106) de manera continua.
- 45 7. Disposición de lubricación de engranajes según cualquier reivindicación anterior, caracterizada porque:
 - la disposición de lubricación de engranajes comprende una salida de señalización (114) para transmitir información a una ubicación de monitorización remota, y
 - el controlador está configurado para enviar a dicha salida de señalización (114) información indicativa de qué potencia de salida se ha seleccionado para la bomba de lubricación (106).
- 50 8. Disposición de lubricación de engranajes según cualquier reivindicación anterior, caracterizada porque:
 - la fuente de alimentación (109) es un motor eléctrico, y

- el controlador comprende un convertidor de frecuencia (111) acoplado para suministrar una señal eléctrica de impulsión a dicho motor eléctrico.

9. Unidad de engranaje, que comprende:

- un primer árbol (102) y un segundo árbol (103) para la conexión a un sistema mecánico externo,

5 - al menos una etapa de engranaje (104) ubicada entre los árboles primero y segundo (102, 103),

- cojinetes (105) que soportan dichos árboles primero y segundo (102, 103), y

- una disposición de lubricación de engranajes según la reivindicación 1 para proporcionar lubricación a dicha etapa de engranaje (104) y dichos cojinetes (105).

10. Método para proporcionar lubricación a un engranaje de una turbina eólica, con una disposición de lubricación de engranajes según la reivindicación 1, que comprende:

- hacer circular fluido de lubricación hasta el engranaje (101) con una potencia de bombeo seleccionada,

- medir (301, 303) la presión del fluido de lubricación aguas abajo de una bomba de lubricación (106) que produce dicha potencia de bombeo,

15 - medir la temperatura del fluido de lubricación y producir una señal de indicación de temperatura representativa de la misma, caracterizado porque el método comprende además

- hacer variar (302, 304) la potencia de bombeo seleccionada basándose al menos parcialmente en la señal de indicación de presión y basándose al menos parcialmente en la temperatura medida del fluido de lubricación de modo que la potencia de bombeo se limita cuando la señal de indicación de temperatura indica una temperatura por debajo de un límite predeterminado.

20 11. Método según la reivindicación 10, que comprende:

- impulsar (402) la presión medida del fluido de lubricación hacia una presión objetivo variando la potencia de bombeo seleccionada.

12. Método según la reivindicación 11, que comprende:

25 - como respuesta a una señal de indicación de temperatura indicativa de que el fluido de lubricación está más frío que un umbral predeterminado, seleccionar una segunda presión objetivo para el fluido de lubricación que es menor que una primera presión objetivo que se selecciona para el fluido de lubricación a temperaturas que son mayores que dicho umbral predeterminado.

13. Método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, que comprende:

30 - enviar a una ubicación de monitorización remota información indicativa de qué potencia de bombeo se ha seleccionado.

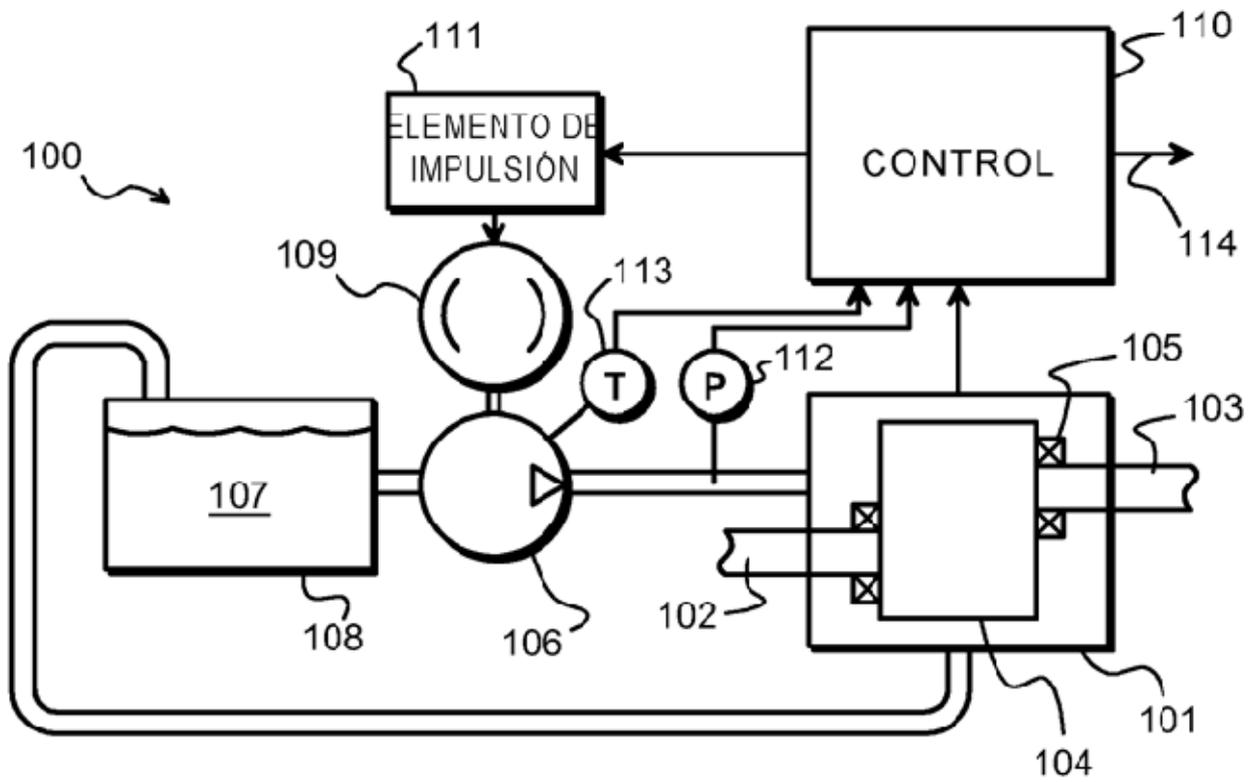


Fig. 1

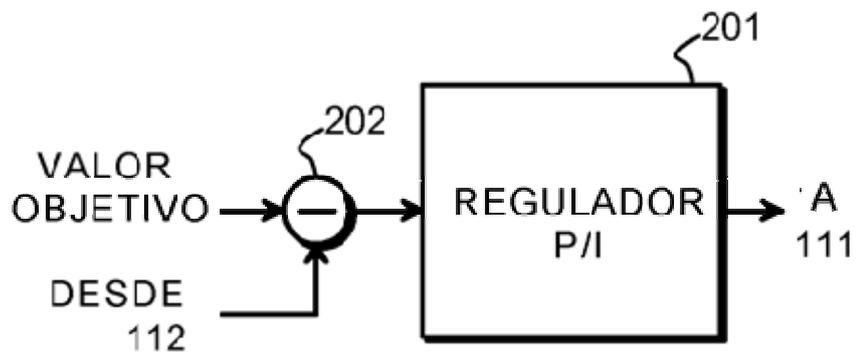


Fig. 2

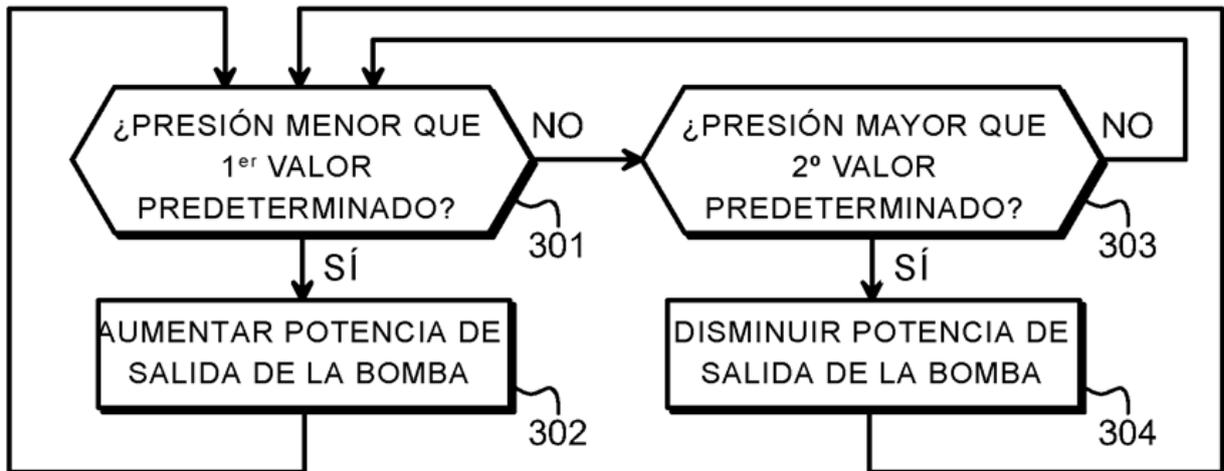


Fig. 3

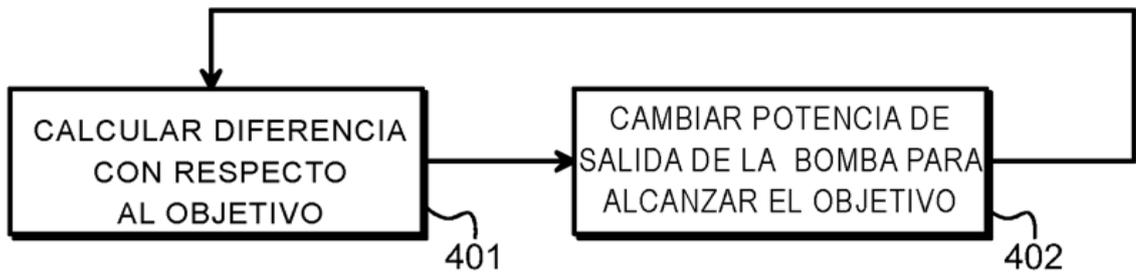


Fig. 4