

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 549 880**

51 Int. Cl.:

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 11/00 (2006.01)

G01N 33/28 (2006.01)

F03D 11/02 (2006.01)

F16H 57/04 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.09.2009 E 09011978 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.07.2015 EP 2169221**

54 Título: **Procedimiento para vigilar un engranaje de una instalación de energía eólica**

30 Prioridad:

25.09.2008 DE 102008048956

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

02.11.2015

73 Titular/es:

**SENVION GMBH (100.0%)
Überseering 10
22297 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:

EHLERS, MARCO

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 549 880 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

Procedimiento para vigilar un engranaje de una instalación de energía eólica

- 5 La invención se refiere a un procedimiento para vigilar un engranaje de una instalación de energía eólica con un circuito de líquido para engranaje, un programa informático así como un sistema de vigilancia para un engranaje de una instalación de energía eólica con un circuito de líquido para engranaje.

- 10 En muchas instalaciones de energía eólica modernas la rotación del rotor de la instalación de energía eólica accionada por el viento se transmite a través de un engranaje a un generador. En este caso, en el engranaje de la instalación de energía eólica actúan fuertes fuerzas que llevan a un desgaste y abrasión en elementos constructivos móviles. Entre otros las fuerzas extremas que actúan en el engranaje con rachas de viento extremas pueden provocar también graves daños en el engranaje. Para un funcionamiento seguro y correcto de la instalación de energía eólica es necesario por tanto vigilar que el engranaje esté en un estado reglamentario y listo para funcionar y el desgaste no lleve a daños en el engranaje que sean relevantes en cuanto a la seguridad o conlleven tiempos de parada no rentables e innecesarios en la instalación de energía eólica.

- 20 Para el diagnóstico de engranaje en instalaciones de energía eólica se emplean, por lo general, sistemas de diagnóstico costosos que vigilan las frecuencias de vibración del engranaje a través de sensores de sonido conducido a través de cuerpos sólidos, micrófonos o sensores de aceleración. Modificaciones de los espectros de frecuencia indican daños en el engranaje. Para tales sistemas de diagnóstico es esencial una cuota de detección de errores alta, preferiblemente mayor de 99%, con la cuota lo más baja posible de desencadenamiento erróneo. En sistemas de diagnóstico conocidos es necesario por tanto un peritaje por parte de un experto de los espectros de frecuencia registrados dado que las relaciones en el origen de espectros de frecuencia de engranajes son demasiado complejas para poder evaluarse por un sistema totalmente automático de manera que se detectaran errores de manera segura sin que se llegue a un desencadenamiento erróneo. También con vistas a los diferentes tipos de engranaje que se emplean en las instalaciones de energía eólica comerciales modernas y que presentan los diferentes comportamientos y espectros de frecuencia actualmente no se utiliza ningún sistema de diagnóstico totalmente automático.

- 30 En la práctica, en los sistemas de diagnóstico conocidos se ajustan valores límite para desviaciones de valores teóricos tan bajos que se detectan errores de manera segura. Esto no obstante lleva a un número alto de desencadenamientos erróneos. Para evitar tiempos de parada innecesarios se acusa recibo de una superación de valor límite por tanto solo con un aviso de alarma. Una modificación de la gestión de funcionamiento en reacción a un error de engranaje se realiza solamente después del peritaje de los datos registrados a través de una persona encargada del manejo experta.

- 40 Por ejemplo las condiciones meteorológicas extremas en parques eólicos con varias instalaciones de energía eólicas provocan una pluralidad de avisos de alarma que confluyen en una central de vigilancia. Dado que todos los avisos de alarma deben investigarse por la persona encargada del manejo en el centro de vigilancia para comprobar si se trata de alarmas de error o errores reales es posible que en una situación semejante no se detecten a tiempo errores reales. Esto lleva a daños innecesarios y suspensiones en la instalación innecesarios.

- 45 El documento DE 103 43 457 B3 da a conocer un dispositivo para medición de partículas en una corriente de fluido de un medio viscoso que se trata especialmente de un aceite para engranajes. Con ayuda de un dispositivo de ajuste la presión de entrada del medio viscoso se adapta antes de la entrada de la corriente de fluido a las zonas de medición de sensor del contador de partículas. Esto sirve para la adaptación de la presión de entrada a la viscosidad en función de la temperatura del medio, por ejemplo del aceite hidráulico.

- 50 El documento WO-A-2007/088015 muestra un dispositivo para la detección de partículas en una corriente de fluido. El dispositivo comprende una bobina excitadora para generar un campo magnético y dos bobinas de sensor arrolladas en sentido contrario que puede conectarse con un dispositivo de evaluación. Mediante una señal inducida en las bobinas de sensor se detecta la presencia de partículas en la corriente de fluido. El dispositivo puede emplearse por tanto para la vigilancia de un sistema global como también para la vigilancia de desgaste de componentes individuales. Partiendo de la carga de partículas de la corriente de fluido se sacan conclusiones directas del estado de los componentes.

- 60 El documento EP-A-1 795 892 muestra un detector para vigilar un medio de lubricación que comprende un electrodo revestido en cuya zona interior está presente un imán de barra. Éste sirve para atraer partículas ferromagnéticas. Una conmutación electrónica detecta si el número de las partículas acumuladas es tan grande que los electrodos entran en contacto entre sí y emite un aviso de error. Con este detector el desgaste de componentes mecánicos, especialmente de una instalación de energía eólica puede vigilarse, emitiéndose una alarma antes de que aparezcan funciones erróneas serias.

- 65 El documento 102 30 759 A1 se refiere a un procedimiento para vigilar y diagnosticar una máquina empleando un sistema de medición con una bobina arrollada en un núcleo de bobina en cuya superficie se acumulan partículas

abrasivas ferríticas que van a detectarse. Una rueda dentada rotatoria enfrentada al núcleo de bobina influye en la inductividad de la bobina. La señal de salida de la bobina presenta impulsos con amplitudes invariables cuya frecuencia depende de la velocidad de rotación de la rueda dentada. Las desviaciones en la altura de amplitud han de atribuirse a la acumulación de partículas abrasivas ferríticas en la bobina y por tanto son una medida para el estado de la máquina vigilada o del engranaje vigilado.

El documento EP-A-0 159 094 da a conocer un dispositivo para registrar partículas de impureza metálicas en una corriente de fluido, por ejemplo un sistema de lubricante de una máquina de émbolos o de un engranaje. El dispositivo de detección comprende una rejilla con aberturas grandes diferentes en la que están presentes contactos eléctricos en cada caso. Si una partícula metálica queda atrapada en una abertura semejante se cierra un contacto. Una conmutación prevista además se ocupa de que se desconecte una máquina vigilada o se desencadene una alarma.

El documento US 5.760.298 muestra un sistema para detectar acumulaciones en un fluido mediante la vigilancia de sus propiedades electrostáticas. Este sistema de vigilancia puede emplearse especialmente para aceite y vapor sobrecalentado. El sistema es capaz de comprobar acumulaciones que aumentan constantemente o subidas del grado de contaminación fuertes y de repentina aparición. Como reacción el sistema puede generar una alarma, por ejemplo cuando el nivel de contaminación alcanza un valor umbral predeterminado o se aumenta de manera intensa repentinamente.

Con respecto a este estado de la técnica la invención se basa en el objetivo de simplificar la vigilancia de un engranaje de una instalación de energía eólica, de automatizarla y de mejorar su fiabilidad.

Este objetivo se resuelve mediante un procedimiento para vigilar un engranaje de una instalación de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 1.

Líquido para engranaje se le denomina en el marco de la presente invención a un medio de lubricación, por ejemplo un aceite lubricante o un aceite para engranajes que se emplea en un circuito de líquido para lubricar un engranaje de una instalación de energía eólica.

La invención se basa en la idea de que en un líquido para engranajes mediante la fricción de los componentes de engranaje móviles se desgastan partículas por el roce unas con otras y llegan en este caso al circuito de líquido para engranajes. La medición del número, tamaño y/o tipo de estas partículas permite conclusiones sobre el estado del engranaje.

En comparación con los métodos habituales la medición de los números, tamaños y/o tipos de partículas que resultan del desgaste del engranaje ofrece un método de medición muy sencillo que puede automatizarse. A causa de las cantidades de datos comparativamente escasas no es necesario ningún conocimiento de experto. La medición es tan poco compleja que es poco propensa a errores en una evaluación automática.

Ya esta medición comparativamente sencilla permite sorprendentemente predicciones precisas y valorables sobre la presencia de un aumento del desgaste y una amenaza de sobrecarga del engranaje o bien la presencia de un daño en el engranaje. Aunque en todos los casos no es necesaria una modificación de parámetros de funcionamiento de la instalación de energía eólica de manera que es suficiente en muchos casos crear un mensaje de estado correspondiente. A causa de la sencillez de la medición un mensaje de estado semejante puede dar información de manera fiable sobre el estado del engranaje de la instalación de energía eólica. Además, al aparecer un aumento de valores de medición pueden tomarse no obstante contramedidas automáticamente dado el caso para reducir la carga del engranaje.

El procedimiento de acuerdo con la invención ahorra costes dado que se evitan tiempos de parada innecesarios, se reduce el gasto técnico de aparatos de manera considerable y no es necesario ningún personal de vigilancia experto costoso para el peritaje de los resultados de la medición.

De acuerdo con la invención es posible emplear un valor límite o varios valores límites. Estos se denominan en el marco de esta invención como primer, segundo, etc. valor límite.

De acuerdo con la invención está previsto que al sobrepasar al menos un primer valor límite se genere mediante un valor de medición un mensaje sobre el estado y al sobrepasar al menos un segundo valor límite se modifique mediante un valor de medición un parámetro de funcionamiento de la instalación de energía eólica. En este caso pueden estar previstos uno o más niveles de alarma o mensajes sobre el estado antes de la modificación de un parámetro de funcionamiento de la instalación de energía eólica. También la modificación de un parámetro de funcionamiento de la instalación de energía eólica va acompañada de manera ventajosa de un mensaje sobre el estado sobre la modificación. Así a una persona encargada del manejo le es posible en un centro de vigilancia remoto intervenir de manera informada en el proceso de vigilancia y control automáticos de la instalación de energía eólica. El mensaje de estado da a la persona encargada del manejo en este caso la información necesaria sobre la causa del mensaje de estado y/o para la modificación automática de los parámetros de funcionamiento.

De acuerdo con la invención, para la medición del número y/o tamaño y/o tipo de las partículas contenidas en el líquido para engranajes se mide por medio de al menos un contador de partículas el tamaño y/o el número y/o el tipo de partículas que circulan a través de una sección transversal de conducto de líquido para engranajes. En este caso, por ejemplo, se emplean contadores de partículas ópticos y/o inductivos. De manera preferida se miden partículas metálicas, especialmente por medio de al menos un contador de partículas inductivo.

Un ejemplo de un contador de partículas inductivo conocido se da a conocer por el documento WO 2007/088015. Por medio de un contador de partículas inductivo de este tipo puede comprobarse si se trata o no de partículas metálicas o magnetizables. Por medio de la altura de la señal del contador de partículas inductivo pueden extraerse conclusiones sobre el tamaño de las partículas medidas. Mediante el acoplamiento de contadores de partículas inductivos y ópticos son posibles discriminaciones adicionales entre partículas no metálicas y metálicas y partículas de diferentes metales o de diferentes no metales. Dado que en engranajes de instalaciones de energía eólica se procesan fundamentalmente materiales metálicos, son especialmente preferidos contadores de partículas inductivos.

De manera ventajosa la medición en el circuito de líquido para engranajes tiene lugar aguas arriba de un filtro de partículas. Por tanto las partículas se miden en el circuito de líquido para engranajes antes de que sean eliminadas del circuito por un filtro de partículas, por ejemplo un filtro de aceite. Las partículas filtradas no ocasionan ningún daño. Las mediciones de los contadores de partículas son actuales y no acumulativas dado que las partículas no se enriquecen en el líquido para engranajes.

La modificación de parámetros de funcionamiento afecta preferiblemente a un ángulo de ajuste de pala y/o momento de generador. La instalación de energía eólica puede silenciarse también lo que puede suceder mediante la modificación del ángulo de ajuste de pala y/o del momento de generador. Preferiblemente las modificaciones de los parámetros de funcionamiento llevan a una descarga del engranaje.

De manera preferida también está previsto que al menos un valor límite sea un número acumulativo de partículas, un número de partículas por unidad de tiempo, una modificación del número de partículas por unidad de tiempo, un tamaño absoluto de partículas, una distribución de tamaños de partículas, una modificación de la distribución de tamaño de partículas, el tipo de las partículas o una distribución de diferentes tipos de partículas o una modificación de tipos de partículas o un valor derivado formado por diferentes valores de medición. En este caso por un número acumulativo de partículas se entiende especialmente el número total de las partículas medidas desde la puesta en funcionamiento de un engranaje. Especialmente el valor límite puede fijarse en un número de 10 a 500, preferiblemente de 25 a 50, especialmente preferido de 25 a 30, partículas en 10 minutos en un número de 50 a 20.000, especialmente de 500 a 1000, partículas en 24 horas o en un número acumulativo de 200.000 a 1.000.000, especialmente de 300.000 a 400.000 partículas. Las unidades de tiempo son preferiblemente espacios de tiempo flexibles de manera que en cada momento por ejemplo puede comprobarse cuántas partículas se midieron en los últimos 10 minutos. Alternativamente de manera preferida para un análisis o medición más sencillos los espacios de tiempo son secciones de tiempo consecutivas, por ejemplo secciones de 10 minutos consecutivas o días consecutivos.

La medición de la modificación de la distribución de los tipos de partículas y tamaños de partículas requiere un tiempo mayor que la medición de números de partículas absolutos o acumulativos o números de partículas por unidad de tiempo. Para la detección rápida de daños en engranajes se utiliza preferiblemente los datos de medición que pueden averiguarse de manera más rápida. Junto a los datos de medición que pueden averiguarse más rápidamente los valores de medición más costosos en el tiempo se emplean en la mayoría de los casos para los diagnósticos de estado a largo plazo. Estos valores de medición diferentes indican una base para datos extensa para la evaluación, también para la evaluación automática de determinadas apariciones de desgaste.

Tras un intercambio de componentes o una medida de mantenimiento y/o de reparación dado el caso los valores límite deben adaptarse, dado el caso o inicializar los bucles de números de partículas, por ejemplo el contador de valor absoluto debe ponerse a cero después de un cambio de engranaje y el valor límite por unidad de tiempo debe fijarse de nuevo en el valor para la fase de entrada. Asimismo tras reafilear un dentado durante un espacio de tiempo limitado pueden ser necesarios valores límite claramente más altos.

En un perfeccionamiento adicional ventajoso de rango inventivo autónomo está previsto que al menos un valor límite se modifique en función del ciclo de funcionamiento de la instalación de energía eólica, especialmente en función del estado de funcionamiento, especialmente parada, funcionamiento de barrena, funcionamiento de carga parcial y/o funcionamiento de carga completa del engranaje y/o en función de la edad del engranaje, especialmente mediante la edad útil o edad de desgaste, las horas de funcionamiento y/o las horas de carga completa del engranaje.

En el marco de la presente invención por un ciclo de funcionamiento se entiende tanto el estado de funcionamiento, es decir, parada, funcionamiento de barrena, funcionamiento de carga parcial o funcionamiento de carga completa como también la edad útil o la edad de desgaste del engranaje mediante la edad útil absoluta del engranaje, de las horas de funcionamiento del engranaje o de las horas de carga completa del engranaje.

Está previsto que en la parada de la instalación de energía eólica valgan otros valores límites diferentes al

funcionamiento de barrena, en carga parcial y en carga completa. Especialmente los valores límite se aumentan por etapas o continuamente para al menos un valor de medición desde la parada pasando por funcionamiento de barrena, funcionamiento de carga parcial hasta un funcionamiento de carga completa.

- 5 En relación a la vida útil o las horas de funcionamiento u horas de carga completa del engranaje ha de considerarse que un nuevo engranaje presente componentes que todavía no ruedan unos sobre otros o se esmerilan. En la denominada fase de entrada al comienzo del empleo de un nuevo engranaje empieza por tanto un desgaste comparativamente alto que resulta de que los componentes se friccionan unos con otros y se desgastan por el roce las aristas sobresalientes y artefactos similares de la producción que se oponen al funcionamiento con poca fricción del engranaje. El número alto resultante de partículas en el líquido para engranajes no es por tanto un signo de daños en el engranaje. Por lo tanto en la fase de entrada ha de tolerarse un elevado número de partículas en el líquido para engranajes.

- 15 Después de que los componentes de engranaje se hayan ajustado o rodado unos en otros el número de las partículas en el líquido para engranajes disminuye. Por tanto preferiblemente al menos un valor límite se fija más alto durante una fase de entrada que después de la fase de entrada. Tras la fase de entrada del engranaje números similarmente altos de partículas en el líquido para engranajes indican un daño en el engranaje. Dado que con la edad del engranaje se incrementa el desgaste, tras la fase de entrada el al menos un valor límite disminuido se aumenta con una duración de funcionamiento creciente del engranaje.

- 20 Preferiblemente se determina al menos un valor límite para un valor de medición y/o el transcurso de tiempo del al menos un valor límite a través de una evaluación estática de datos de valor de medición de varias instalaciones de energía eólica con mismos o similares tipos de engranaje en función del ciclo de funcionamiento, fluyendo especialmente la dispersión de los valores de medición con la determinación del valor límite. De esta manera se origina una base para datos extensa de valores de medición comparables mediante los cuales pueden determinarse valores límite para un valor de medición individual o diferentes valores de medición con métodos estadísticos. Cada engranaje es una pieza individual y se diferencia dentro de tolerancias de fabricación de otros engranajes del mismo tipo. Dado que además las instalaciones de energía eólica diferentes nunca se hacen funcionar bajo exactamente las mismas condiciones se produce un cierto margen de error en los datos de valores de medición. La evaluación estadística especialmente de la dispersión de los valores de medición permite por tanto conclusiones sobre la probabilidad de que a un valor de medición corresponda un daño real. Preferiblemente al al menos un valor límite determinado en la evaluación estadística corresponde una cuota de detección de errores de al menos un 95%, especialmente un 99%.

- 35 Los extensos datos presentes reflejan el envejecimiento de los engranajes en función del tiempo absoluto, las horas de funcionamiento u horas de carga completa del engranaje así como la parada, el funcionamiento de barrena, el funcionamiento de carga parcial y el funcionamiento de carga completa en el transcurso de la vida del engranaje. Así en cada instalación de energía eólica se producen al año más de 50.000 juegos de datos para mediciones en intervalos de 10 minutos. Si, por ejemplo se reúnen los datos de 20 instalaciones de energía eólica existen ya para un año más de un millón de juegos de datos de medición que reproducen diferentes estados de funcionamiento y condiciones meteorológicas.

- 45 Por lo tanto las extensas distribuciones de datos de medición pueden evaluarse en función del ciclo de funcionamiento, es decir en función del tipo de funcionamiento y edad del engranaje con métodos estadísticos para determinar valores límite en cuya superación se detecta con un 99% de seguridad un daño presente del engranaje. Asimismo con métodos estadísticos a partir de esta existencia de datos puede concluirse la urgencia con la que debe realizarse una medida de reparación en un engranaje y por consiguiente proponer una cita para realizar una medida de reparación.

- 50 Las distribuciones de datos de medición presentan por lo general una distribución estadística, por ejemplo una distribución normal o una distribución x^2 (siendo x la letra griega "ji"). En una distribución normal se alcanza una cuota de detección de errores de 95% o 99% por ejemplo al aplicarse un valor límite en tres o cuatro desviaciones estándar por encima del valor medio para un valor de medición determinado. Se conocen también criterios correspondientes para otros tipos de distribuciones. Asimismo se minimiza también la cuota de desencadenamiento erróneo.

- 60 En el caso concreto, un engranaje presenta en promedio más o menos desgaste o un desgaste de otro tipo que el promedio de los engranajes en la colección de datos de medición mediante la cual los valores límite se determinan. Esto se expresa por ejemplo en que para el engranaje de una instalación de energía eólica en promedio del funcionamiento regular de la instalación de energía eólica se mide un número que se desvía del promedio de los datos de medición de referencia, la distribución de tamaños o distribución de los tipos de partículas en el líquido para engranajes. Esto puede provocar que la evaluación estadística de los datos de referencia para el engranaje individual deba corregirse.

- 65 Por esta razón está previsto de manera ventajosa que para un engranaje se corrija al menos un valor límite mediante los valores de medición y/o el transcurso en el tiempo anterior de los valores de medición del engranaje.

De esta manera se consideran peculiaridades del engranaje individual en la vigilancia del engranaje. Así por ejemplo es posible, en un engranaje que presente de manera conocida un número de partículas por encima del promedio, en el que sin embargo no se haya diagnosticado en inspecciones o medidas de reparación ningún peligro de caída elevado, subir el valor límite para el número de partículas por unidad de tiempo para no generar ninguna alarma innecesaria. En este caso debe garantizarse que no suceda ningún aumento a costa de la seguridad de funcionamiento.

Preferiblemente no se consideran engranajes en los que hayan aparecido daños en el engranaje, en la evaluación estadística para averiguar un valor límite o el transcurso en el tiempo de un valor límite que corresponde especialmente a un funcionamiento seguro del engranaje. Estos se consideran preferiblemente para detectar daños en el engranaje, especialmente mediante los transcurros en el tiempo de uno o varios valores de medición característicos para determinados daños en el engranaje. Así de manera ventajosa en sucesos conocidos en los que un engranaje se haya perjudicado, mediante los valores de medición de partículas tomados en el líquido para engranaje es posible una correlación entre los valores de medición y el tipo de daño en el engranaje que fluyen a la vigilancia de un engranaje. De manera correspondiente pueden comunicarse de manera más resuelta y flexible que antes mensajes de estado sobre daños presentes o amenazantes en el engranaje y, dado el caso, realizarse modificaciones en los parámetros de funcionamiento.

De manera correspondiente está previsto preferiblemente que por el análisis del transcurso en el tiempo que va a medirse de al menos un valor de medición, especialmente mediante la comparación del valor de medición con valores de medición de otras instalaciones de energía eólica con tipos de engranaje iguales o similares se detecte un caso de daño y se genera un mensaje de estado correspondiente y/o se modifiquen parámetros de funcionamiento de la instalación de energía eólica.

Además está previsto de manera ventajosa que los transcurros en el tiempo de las magnitudes de engranajes recogidas en una base de datos en los que ha aparecido un daño se empleen para validar un algoritmo de vigilancia nuevo o nuevas definiciones de valores límite. Si el algoritmo de vigilancia no detecta a tiempo el daño que surge (histórico) mediante los datos almacenados no es adecuado para una vigilancia y debe modificarse. De esta manera pueden concebirse algoritmos muy fiables de manera semiempírica.

Preferiblemente desde el análisis del transcurso en el tiempo medido de al menos un valor de medición, especialmente mediante la comparación del valor de medición con valores de medición de otras instalaciones de energía eólica con mismos o similares tipos de engranaje la duración de funcionamiento restante del engranaje que ha de esperarse y/o una cita para una medida de reparación para el engranaje. De acuerdo con la invención, por una medida de reparación, especialmente un mantenimiento del engranaje se entiende una comprobación del engranaje con o sin desmontaje de elementos constructivos de engranaje, un cambio de líquido para engranaje, un reemplazo o una reparación de aparatos de medición, especialmente un contador de partículas, una reparación del engranaje in situ o en el estado parcialmente o totalmente desmontado y/o el reemplazo de un elemento constructivo de engranaje del engranaje.

Para una simplificación adicional el perfeccionamiento ventajoso se ocupa de que varios valores de medición con diferentes ponderaciones, especialmente para tamaños de partícula diferentes se evalúen, correspondiendo la ponderaciones de los valores de medición a su propiedad de indicador para estados de alarma y/o estados de daños de un engranaje. Así con frecuencia aparecen daños en el engranaje relevantes en cuanto a la seguridad junto con un aumento en el número de partículas grandes que se debe a apariciones de desgaste que perjudican la integridad estructural del engranaje mientras que pueden ser menos relevantes en cuanto a la seguridad acumulaciones de partículas más pequeñas. Por tanto para mensajes de estado o modificaciones en el funcionamiento en cuestiones de seguridad de funcionamiento pueden ponderarse partículas mayores de manera más intensa ventajosamente que partículas más pequeñas.

Especialmente ha demostrado ser ventajoso cuando en lugar de o complementando al empleo de números de partículas absolutos se utilice como valores límite la subida del aumento del número de partículas a través del tiempo. Si se aumenta el número de las partículas que aparecen por unidad de tiempo dentro de un intervalo de tiempo dt en más de un factor x que puede determinarse o fijarse éste se evalúa como superación de valor límite. Todavía más ventajoso es recurrir no solo al aumento, es decir, la tendencia del número de partículas sino también a su derivación matemática, es decir la curvatura de la tendencia. Un incremento continuo del aumento del número de partículas por unidad de tiempo a través de un cierto intervalo de tiempo dt , es decir una tendencia con transcurso constante parabólico o exponencial es un indicador seguro para un daño en el engranaje que va a iniciarse.

Para ello también puede emplearse la segunda derivación del número de partículas según el tiempo. Desde que se alcanza un valor límite que puede fijarse de la segunda derivación puede predecirse un daño en el engranaje que se produce de manera segura.

A través de esta evaluación relativa, es decir que ya no se basa más solo especialmente en números de partículas absolutos es posible vigilar también engranajes con propiedades técnicas diferentes mediante el mismo algoritmo de evaluación. Por ejemplo se ha demostrado que engranajes de diferentes proveedores presentan en el estado normal

diferentes números de partículas por unidad de tiempo, lo que por ejemplo debe atribuirse a la diferente dureza de las ruedas huecas de la etapa planetaria. En caso de ruedas huecas blandas, el número de las partículas también en el funcionamiento libre de fallos es más alto que en engranajes con ruedas huecas muy duras. Una evaluación relativa de los números de partículas posibilita no obstante valores límite unitarios para ambas realizaciones, lo que simplifica considerablemente la vigilancia de una pluralidad de turbinas eólicas. Los valores límite relativos se definen preferiblemente variables en el tiempo, es decir, en función del estado de funcionamiento y/o de la edad de la instalación o bien del número de horas de funcionamiento.

Una configuración adicional prevé que el dispositivo de evaluación presente una unidad de almacenamiento en la que se almacene una pluralidad de transcurros típicos del número de partículas a través del tiempo en forma de modelos de transcurso. Al mismo tiempo a cada modelo de transcurso también está asociada una o varias causas de daños posibles. La unidad de evaluación está configurada de manera que mediante la comparación del transcurso actual del número de partículas con los modelos de transcurso no se detecta solamente una subida crítica del número de partículas prematuramente, sino también posibilita conclusiones sobre la causa del daño. Por tanto, en el caso de una inspección necesaria no tienen que examinarse los daños en todo el engranaje sino solamente unos pocos elementos constructivos que van a considerarse para el transcurso de partículas específico. Asimismo también pueden depositarse también modelos de transcurso que no han de atribuirse a daños en el engranaje sino a alarmas de error a través de errores de sensor o interferencias electromagnéticas en el sistema de medición (problemas de compatibilidad electromagnética). De esta manera el número de alarmas de error no deseadas puede reducirse claramente.

La asociación de modelos de transcurso y causas de daños se realiza preferiblemente mediante sistemas de bases de datos de autoaprendizaje o redes neuronales. Con ello es posible aprovechar las experiencias con cada engranaje individual de la totalidad de turbinas eólicas que va a vigilarse.

Los sistemas de bases de datos son preferiblemente sistemas expertos. De manera correspondiente está previsto preferiblemente prever en una central de vigilancia remota una base de datos relativamente grande que almacene los datos de diversos engranajes o bien una pluralidad de engranajes y que los enlace entre sí a través de un modelo de transcurso y causas de los daños que corresponde a un sistema experto o sistema de bases de datos de autoaprendizaje. Especialmente aquí tiene lugar la detección de modelos.

El procedimiento de acuerdo con la invención se refina ventajosamente si junto a la medición de partículas en el líquido para engranajes se vigilan otros parámetros de engranaje, especialmente por medio de sensores de sonido conducido a través de cuerpos sólidos, micrófonos y/o sensores de aceleración. Mediante esta medida, en los casos en los que una vigilancia exclusivamente automática por medio de la vigilancia de las partículas en el líquido para engranaje no garantiza ninguna seguridad de acierto o seguridad en el funcionamiento, es posible pedir ayuda a un experto para un análisis exhaustivo de valores de medición conocidos, y por tanto aumentar la seguridad en los aciertos o la seguridad de funcionamiento.

Otros parámetros que se consideran preferiblemente para diferenciar especialmente el aumento de desgaste que aparece de manera natural de daños en el engranaje son mediciones de turbulencias de viento que llevan a oscilaciones de momentos de giro más altas y con ello a un desgaste más alto. Para ello se registran y/o se evalúan preferiblemente los valores de medición de transmisores de viento y/o sensores de carga y/o la variante del rendimiento, de la velocidad de giro o el ángulo de pala y especialmente se emplean para la modificación temporal y/o permanente de valores límite para un engranaje. Así, con turbulencias de viento más fuertes se aumenta el menos preferiblemente un valor límite dado que el desgaste más elevado que aparece bajo la carga más intensa no debe llevar a desencadenamientos erróneos. Por otro lado las turbulencias fuertes llevan con más frecuencia a daños en el engranaje de manera que el aumento del valor límite no debe correlacionarse de cualquier manera con la turbulencia de viento dominante, sino que preferiblemente no debe superarse un valor límite absoluto máximo.

Está previsto de manera ventajosa, en el caso de un daño en el engranaje delimitar y/o determinar al menos una causa en el daño y/o al menos un componente de engranaje dañado por medio de análisis, especialmente microscópico, químico y/o metalúrgico de las partículas contenidas en el líquido para engranajes. La diferenciación de partículas magnéticas y no magnéticas es posible en la vigilancia continua. Se disponen métodos para acertar predicciones sobre los componentes químicos de las partículas. Así es posible examinar las partículas en cuanto a la presencia de cromo, níquel, molibdeno, cobre y otros componentes, con lo que pueden delimitarse los elementos constructivos que se consideran con daños. También los datos de medición de sistemas de diagnóstico convencionales pueden emplearse de manera adicional para identificar a un elemento constructivo con algún daño por ejemplo en desplazamientos de frecuencia en el espectro de ruidos o de vibraciones. Un sistema combinado de este tipo tiene la ventaja de la detección de errores segura y completamente automática.

Una vigilancia complementaria del engranaje puede realizarse a través de una vigilancia de presión en el filtro de aceite del engranaje. Habitualmente, en una instalación de energía eólica de acuerdo con la invención la presión del aceite se mide delante del filtro de aceite y detrás del filtro de aceite. En este caso la presión de aceite desciende a través del filtro a cerca de 3 a 14 bar, en función del tipo de filtro, la temperatura del aceite y del tipo de aceite. Esta disminución de presión varía por lo general solo lentamente, aproximadamente a 0,01 bar por día. Una variación de

la disminución de la presión con temperatura de aceite comparable de más de 0,02 bar al día indica una avería en el engranaje (por ejemplo obstrucción en el filtro mediante un aumento de la aparición de partículas) y podría desencadenar un mensaje de estado, en una modificación de más de por ejemplo 0,05 bar podría modificarse por ejemplo un parámetro de funcionamiento o pararse la instalación. Una vigilancia de este tipo naturalmente no es tan sensible como un conteo de partículas directo, pero puede recurrirse a ella a causa del gasto reducido de manera excelente para la vigilancia redundante del contador de partículas.

De acuerdo con la invención el conteo de partículas como función de vigilancia única posibilita, dado el caso con medidas adicionales una detección segura y temprana de todos los daños en el engranaje. Debido a que junto al tiempo solo se vigila un tamaño físico es posible de manera relativamente rápida definir valores límite de manera que es posible una vigilancia segura y totalmente automática. En este caso el gasto de aparatos técnico es considerablemente reducido y la vigilancia a través de una persona encargada del manejo o un experto es innecesaria de manera que se regulan considerables ventajas en los costes. Mediante la diferenciación de la fase de entrada del resto de la duración de funcionamiento del engranaje es posible detectar a pesar de la aparición más alta inevitable de partículas de desgaste en el líquido para engranaje en la fase de entrada cuando se presenta un daño en el engranaje o un falso montaje. Esto es importante porque, por ejemplo, un rodamiento de una etapa planetaria montado de manera errónea, que no se detecta, puede llevar en pocas horas a la destrucción de todo el engranaje con un elevado daño material.

El objetivo de la presente invención también se resuelve mediante un programa informático con medios de código de programa que están adaptados para realizar un procedimiento de acuerdo con la invención para vigilar un engranaje de una instalación de energía eólica con un circuito de líquido de engranaje tal como se describe anteriormente.

La implementación informática del procedimiento de acuerdo con la invención representa una posibilidad efectiva y asequible para la realización del procedimiento dado que en instalaciones de energía eólica modernas la gerencia de funcionamiento ya se realiza en gran medida controlada por ordenador.

El objetivo en el que se basa la invención se resuelve también mediante un sistema de vigilancia para un engranaje de una instalación de energía eólica con un circuito de líquido para engranaje que comprende un contador de partículas, un dispositivo de evaluación y/o un dispositivo de control, estando configurado el dispositivo de evaluación y/o el dispositivo de control como instalación de procesamiento de datos de manera que, por medio de un programa informático descrito anteriormente de acuerdo con la invención, puede realizarse el procedimiento de acuerdo con la invención descrito también anteriormente. El dispositivo de evaluación y el dispositivo de control pueden también estar integrados en una instalación de procesamiento de datos o un ordenador, de manera que las funciones de la evaluación y del control no están realizadas en dos aparatos separados sino como funciones separadas en un aparato.

Tanto en el programa informático de acuerdo con la invención como también en el sistema de vigilancia de acuerdo con la invención se producen las ventajas mencionadas en el marco de la descripción del procedimiento de acuerdo con la invención.

La invención se describe de manera ejemplar a continuación con referencia a los dibujos sin limitación de la idea básica de la invención general mediante ejemplos de realización, remitiéndose expresamente a los dibujos esquemáticos con referencia a todos los detalles de acuerdo con la invención no explicados con más precisión en el texto. Muestran:

la figura 1 una representación esquemática de un sistema de vigilancia de acuerdo con la invención;

la figura 2 una representación esquemática del transcurso en el tiempo de tres valores límite de acuerdo con la invención y

la figura 3 una representación esquemática del transcurso en el tiempo de valores límite adicionales de acuerdo con la invención.

En las siguientes figuras los mismos o similares elementos en cada caso o piezas correspondientes están dotados con los mismos números de referencia de manera que se prescinde de una nueva concepción correspondiente.

En la figura 1 está representado de manera esquemática un sistema de vigilancia de acuerdo con la invención. Desde la barra de accionamiento de la instalación de energía eólica están representados las palas de rotor 2, el árbol de rotor 4, el engranaje 6, el árbol de generador 8 y el generador 10. El engranaje 6 se ocupa de que el giro comparativamente lento del árbol de rotor 4 se transforme en una rotación del árbol de generador 8 con elevado número de giros.

De manera alternativa, el sensor también puede instalarse de manera ventajosa en una corriente secundaria del circuito de aceite. En la corriente secundaria puede reducirse claramente por ejemplo la velocidad de corriente de las partículas con respecto a la corriente principal, por lo que puede realizarse un análisis más exacto de las partículas,

por ejemplo con respecto al tamaño de las partículas o a la composición. Naturalmente los valores límite para una evaluación en la corriente secundaria han de adaptarse a las circunstancias, es decir han de reducirse por lo general considerablemente.

- 5 El engranaje 6 es parte de un circuito de líquido para engranaje que comprende junto al engranaje 6 un conducto 12 para aceite para engranaje, una bomba de aceite 14, un filtro de aceite 18 y un conducto de retorno 20 para el aceite para engranaje. Un distribuidor de aceite o una cubeta de aceite no están representados pero pueden estar presentes. Entre la bomba de aceite 14 y el filtro de aceite 18 en el que se filtran partículas de desgaste del engranaje 6 desde el circuito está dispuesto un contador de partículas 16 en el que se cuentan partículas en el
- 10 circuito de líquido para engranaje antes de que se filtren desde el circuito de líquido para engranaje por medio del filtro de aceite 18.

- El contador de partículas 16 es especialmente un contador de partículas inductivo por medio del cual se miden partículas metálicas o magnetizables. También puede estar previsto también un contador de partículas óptico o una
- 15 combinación de uno o varios contadores de partículas ópticos e inductivos. Los datos de medición del contador de partículas que pueden ser o una señal digital o una señal analógica se transmiten a través de una línea de datos 22 representada trazada a rayas a un dispositivo de evaluación 28. En el dispositivo de evaluación 28 se evalúa el número acumulativo de partículas, el número de partículas por unidad de tiempo o su modificación, el tamaño de las partículas, la distribución de tamaño de las partículas, la modificación de la distribución de tamaño de las partículas,
- 20 el tipo de partículas, la distribución de los tipos de partículas y/o su modificación temporal y se analiza la presencia de daños en el engranaje o bien el estado del engranaje en general. Para ello el valor de medición o los valores de medición se comparan con valores de medición almacenados en el dispositivo de análisis 28.

- Como resultado de la vigilancia es posible que el dispositivo de evaluación 28 emita a través de una línea de datos
- 25 24 representada trazada a rayas un mensaje de estado a un dispositivo de visualización 30. El mensaje de estado puede ser un mensaje sobre el estado de engranaje momentáneo, un mensaje de alarma, una notificación sobre una modificación de un parámetro de funcionamiento de la instalación de la energía eólica o un mensaje de que se inicia una medida de reparación.

- El dispositivo de visualización 30 está dispuesto por ejemplo en una central de vigilancia remota para un parque eólico con varias instalaciones de energía eólica. En el caso del dispositivo de visualización 30 puede tratarse también de un monitor de ordenador que está conectado en el lugar del dispositivo de evaluación 28 con el dispositivo de evaluación 28, estando configurado el dispositivo de evaluación 28 como ordenador. El dispositivo de
- 30 evaluación 28 puede estar dispuesto por ejemplo en la góndola de una instalación de energía eólica o en una central de vigilancia remota. También puede estar previsto tanto en la góndola de una instalación de energía eólica como también en una central de vigilancia remota un dispositivo de visualización 30.

- A través de una línea de datos 26 representada trazada a rayas el dispositivo de evaluación 28 acciona un dispositivo de control 32 que puede modificar diferentes parámetros de funcionamiento en función del tipo de la
- 40 señal. Se representa en la figura 1 que el dispositivo de control 32 modifica a través de una señal de control 34 en el generador 10 el momento de generador. Así el momento de generador puede ponerse a cero en casos extremos. Alternativamente o al mismo tiempo es posible por tanto que el dispositivo de control 32 controle a través de una señal de control 36 el ángulo de ajuste de pala de rotor. También a través del ángulo de ajuste de pala de rotor puede disminuirse la carga del engranaje 6. El ángulo de ajuste de pala de rotor puede modificarse en tanto que en
- 45 el paso de embanderado el rotor ya no se gira y la instalación de energía eólica se para.

- La figura 2 muestra una representación esquemática de los transcurso en el tiempo de tres valores límite 38, 38', 40 en función del tiempo. En este caso está previsto un valor límite 38 más alto para partículas críticas más pequeñas y un valor límite 40 más bajo para partículas mayores relevantes en cuanto a la seguridad que indican un daño en el
- 50 engranaje grave. Además está representado un segundo valor límite 38' para partículas más pequeñas, consistiendo la diferencia entre los valores límite 38 y 38' en que al alcanzar el valor de medición calculado del valor límite 38 se realiza un mensaje de estado mientras que al alcanzar el segundo valor límite 38' se realiza una modificación en los parámetros de funcionamiento con el que se descarga el engranaje.

- En el eje horizontal a la flecha del tiempo se le denomina "t", estando marcados en el eje horizontal tres puntos en el tiempo diferentes, concretamente tres meses (con abreviatura "mes"), un año y tres años, empleándose la abreviatura "a" para annus = año. En el eje vertical se denomina unidad al número de partículas en un espacio de tiempo de 10 minutos con unidades arbitrarias.

- La primera sección temporal hasta tres meses corresponde a una fase de entrada 42 del engranaje en la que los componentes individuales del engranaje ruedan unos sobre otros. En este espacio de tiempo se produce un gran número de partículas que no suponen sin embargo ningún desgaste elevado sino que en la fase de entrada 42 son normales y aceptables. Un valor límite bajo en la fase de entrada 42 llevaría a tiempos de parada elevados de manera innecesaria aunque no esté presente ningún desgaste elevado ni ningún daño en el engranaje. La fase de
- 60 entrada 42 que está terminada aquí a modo de ejemplo a los tres meses, puede ser más corta o más larga en función del tipo de engranaje y del tipo de instalación de energía eólica así como la duración de funcionamiento
- 65

inicial. La fase de entrada 42 puede delimitarse individualmente también mediante la medición de números de partículas en fuerte disminución en el líquido para engranaje para un engranaje.

Al final de la fase de entrada 42 están representados dos escenarios diferentes del transcurso temporal de los valores límite. En el caso del valor límite 38 más elevado se representa al final de la fase de entrada 42 que tras un valor constante del valor límite 38 o 38' se adopta abruptamente un valor límite claramente más bajo que corresponde al funcionamiento normal del engranaje en la instalación de energía eólica tras la fase de entrada 42. Una alternativa a esto se muestra en el transcurso del valor límite 40. Después de un valor inicial muy alto se considera la disminución del desgaste aproximadamente al final de la fase de entrada 42 al bajarse el valor límite ya antes del final de la fase de entrada 42 con respecto al valor máximo inicial paulatinamente al valor de funcionamiento tras la fase de entrada 42.

En el tiempo siguiente a la fase de entrada 42, en el ejemplo de acuerdo con la figura 2 entre tres meses y 10 años que puede ser también más corto o más largo, los valores límite 38, 38', 40 son estables en gran medida. Los elementos constructivos del engranaje no muestran todavía apariciones de agotamiento de manera que los valores límite se colocan bajos. Un desgaste intensificado en esta fase indica problemas y daños en el engranaje.

Después de esta fase estable se conoce que los materiales de los componentes de engranaje se agotan lentamente con lo que aparece desgaste con más frecuencia y un número más elevado de partículas en el líquido para engranaje sin que por ello la seguridad del funcionamiento se vea perjudicada. Por tanto, los valores límite 38, 38', 40 en este espacio de tiempo ascienden ligeramente. Con ello se evita que el "ruido" creciente de los valores de medición ocasione alarmas o tiempos de parada innecesarios a causa de las apariciones de envejecimiento.

La figura 3 muestra una representación esquemática del transcurso en el tiempo de valores límite 44, 46, 48, 50 a través de la vida útil de un engranaje, valiéndose el valor límite 44 para la parada, el valor límite 46 para el funcionamiento en barrena, el valor límite 48 para el funcionamiento de carga parcial y el valor límite 50 para el funcionamiento de carga completa de la instalación de energía eólica o bien del engranaje. En estos cuatro tipos de funcionamiento o ciclos de funcionamiento el engranaje se carga de manera diferente, lo que se plasma en un desgaste y números de partículas diferentes y por consiguiente en valores límite 44 a 50 diferentes. Por lo demás los ejes en la figura corresponden a los ejes de la figura 2.

Para otros valores de medición posibles las representaciones en el tiempo de los valores límite parecerían similares a las representadas en la figura 2 y la figura 3.

En el modo matemáticamente recíproco puede emplearse también en lugar de un valor límite modificable en el tiempo un valor límite constante en el que se compara un valor de medición ponderado a modo del valor de medición y a modo de ciclo de funcionamiento, es decir la duración de funcionamiento y el tipo de funcionamiento. De manera correspondiente, en este modo de procedimiento durante la fase de entrada 42 se toma un factor de ponderación muy pequeño, lo que corresponde a la inversa a un valor límite grande, mientras que el factor de ponderación se hace mayor tras la fase de entrada y disminuye lentamente en el transcurso de la vida de un engranaje, con lo que se imita la subida lenta del valor límite representada en las figura 2 o la figura 3.

Asimismo pueden enlazarse entre sí tipos de datos de medición diferentes ponderados o sin ponderar para, por ejemplo de la distribución de los tipos de partículas en el líquido para engranajes y la distribución de los tamaños de partículas y sus modificaciones en cuanto al tiempo, así como a través de parámetros relevantes en cuanto al número de las partículas sacar conclusiones sobre el estado del engranaje o bien la presencia de determinados daños en el engranaje. Así en la evaluación estadística de los datos de medición puede encontrarse una pluralidad de engranajes de instalaciones de energía eólica de manera que determinados daños en el engranaje presentan diferentes signos convencionales en los valores de medición, y con la aparición de un signo convencional de este tipo se visualiza un daño en el engranaje correspondiente y, dado el caso, se introducen las contramedidas correspondientes.

Por medio del procedimiento de acuerdo con la invención y del software de acuerdo con la invención y del sistema de acuerdo con la invención es posible realizar una función de vigilancia flexible y de varias etapas por medio de la cual pueda reaccionarse de manera escalonada a la aparición de un aumento en el desgaste, por ejemplo mediante una sucesión de mensajes de estado, reducción de las potencias que actúan en el engranaje, y en caso extremo a una parada de la instalación de energía eólica.

Lista de números de referencia

- 2 palas de rotor
- 4 árbol de rotor
- 6 engranaje
- 8 árbol de generador
- 10 generador
- 12 conducto para aceite para engranaje

	14	bomba de aceite
	16	contador de partículas
	18	filtro de aceite
	20	conducto de retorno para el aceite de engranaje
5	22, 24, 26	línea de datos
	28	dispositivo de evaluación
	30	dispositivo de visualización
	32	dispositivo de control
	34	señal de control al generador
10	36	señal de control para el ángulo de ajuste de pala de rotor
	38, 38'	valor límite en función del tiempo para partículas pequeñas
	40	valor límite en función del tiempo para partículas mayores
	42	fase de entrada
	44	valor límite en función del tiempo en parada
15	46	valor límite en función del tiempo en funcionamiento de barrena
	48	valor límite en función del tiempo en carga parcial
	50	valor límite en función del tiempo en carga completa

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para vigilar un engranaje (6) de una instalación de energía eólica con un circuito de líquido para engranaje (6, 12, 14, 16, 18, 20) en el que por medio de al menos un contador de partículas (16) se determina mediante medición el número y/o el tamaño y/o el tipo de partículas contenidas en el líquido para engranaje y que circulan a través de una sección transversal de conducto de líquido para engranaje, caracterizado por que al superar al menos un primer valor límite (38, 40, 44, 46, 48, 50) se genera mediante un valor de medición un mensaje de estado, y al superar al menos un segundo valor límite (38, 40, 44, 46, 48, 50) se modifica a través de un valor de medición un parámetro de funcionamiento (34, 36) de la instalación de energía eólica.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que se miden partículas metálicas por medio de al menos un contador de partículas (16) inductivo, teniendo lugar especialmente la medición en el circuito de líquido para engranaje (6, 12, 14, 16, 18, 20) aguas arriba de un filtro de partículas (18) y siendo el parámetro de funcionamiento (34, 36) modificado un ángulo de ajuste de pala (36) y/o un momento de generador (34) y/o por que la instalación de energía eólica se para.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que al menos un valor límite (38, 40, 44, 46, 48, 50) es un número acumulativo de partículas, un número de partículas por unidad de tiempo, una modificación del número de partículas por unidad de tiempo, un tamaño absoluto de partículas, una distribución de tamaños de partículas, una modificación de la distribución de tamaños de partícula, el tipo de las partículas o una distribución de diferentes tipos de partículas o una modificación de la distribución de tipos de partícula, o un valor derivado formado por diferentes valores de medición.
4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado por que el valor límite (38, 40, 44, 46, 48, 50) es un número de 25 a 50 partículas en 10 minutos, un número de 500 a 1000 partículas en 24 horas o un número acumulativo de 300.000 a 400.000 partículas.
5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que al menos un valor límite (38, 40, 44, 46, 48, 50) se modifica en función del estado de funcionamiento de la instalación de energía eólica, especialmente parada, funcionamiento de barrena, funcionamiento de carga parcial y/o funcionamiento de carga total del engranaje (6), y/o en función de la edad y la edad de desgaste del engranaje (6), de las horas de funcionamiento y/o las horas de carga completa del engranaje (6), aumentándose por etapas especialmente valores límite (38, 40, 44, 46, 48, 50) para al menos un valor de medición desde la parada pasando por el funcionamiento de barrena, funcionamiento de carga parcial hasta el funcionamiento de carga completa.
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que al menos un valor límite (38, 40, 44, 46, 48, 50) durante una fase de entrada (42) se fija más alto que después de la fase de entrada (42), aumentándose especialmente tras la fase de entrada el al menos un valor límite (38, 40, 44, 46, 48, 50) disminuido tras la fase de entrada (42) con un aumento de la duración de funcionamiento del engranaje (6).
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que al menos un valor límite (38, 40, 44, 46, 48, 50) para un valor de medición y/o el transcurso en el tiempo del al menos un valor límite (38, 40, 44, 46, 48, 50) se determina mediante una evaluación estadística de datos de valor de medición de varias instalaciones de energía eólica con los mismos o similares tipos de engranaje en función del ciclo de mantenimiento, fluyendo la dispersión de los valores de medición en la determinación del valor límite (38, 40, 44, 46, 48, 50), correspondiendo el al menos un valor límite (38, 40, 44, 46, 48, 50) determinado en la evaluación estadística a una cuota de detección de errores de más del 95%, especialmente de un 99%.
8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por que para un engranaje (6) al menos un valor límite (38, 40, 44, 46, 48, 50) se corrige mediante los valores de medición y/o el transcurso en el tiempo de los valores de medición del engranaje (6), no considerándose engranajes especiales en los que han aparecido daños en el engranaje, en la evaluación estadística para averiguar un valor límite (38, 40, 44, 46, 48, 50) o el transcurso en el tiempo de un valor límite (38, 40, 44, 46, 48, 50) que corresponde a un funcionamiento seguro del engranaje (6).
9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado por que se consideran engranajes en los que han aparecido daños en el engranaje para detectar daños en el engranaje, especialmente mediante los transcurros en el tiempo de uno o varios valores de medición característicos para determinados daños en el engranaje.
10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que del análisis del transcurso en el tiempo medido de al menos un valor medición, especialmente mediante la comparación del valor de medición con valores de medición de otras instalaciones de energía eólica con tipos de engranaje iguales o similares se detecta un caso de daño y se genera un mensaje de estado correspondiente y/o se modifican parámetros de funcionamiento (34, 36) de la instalación de energía eólica.
11. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado por que del análisis del transcurso en el tiempo medido de al menos un valor de medición, especialmente mediante la comparación del valor

- de medición con valores de medición de otras instalaciones de energía eólica con tipos de engranaje iguales o similares se averigua la duración de funcionamiento restante del engranaje (6) que ha de esperarse y/o una cita para una medida de reparación para el engranaje (6), valorándose especialmente varios valores de medición con diferentes ponderaciones, especialmente para diferentes tamaños de partículas, y correspondiendo las ponderaciones de los valores de medición a su propiedad de indicador para estados de alarma y/o estados de daños de un engranaje (6).
- 5
12. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado por que junto a la medición de partículas en el líquido para engranajes se vigilan otros parámetros de engranaje, especialmente por medio de sensores de sonido conducido a través de cuerpos sólidos, micrófonos y/o sensores de aceleración, registrándose y/o valorándose especialmente además los valores de medición de transmisores de viento y/o sensores de carga y/o la variante de la potencia, de la velocidad de giro o ángulo de pala y empleándose para la modificación temporal y/o permanente de valores límite (38, 40, 44, 46, 48, 50) para un engranaje (6).
- 10
13. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado por que en el caso de un daño de engranaje al menos se determina y/o se limita una causa de daño y/o al menos un componente de engranaje dañado por medio de análisis especialmente microscópico, químico y/o metalúrgico de las partículas contenidas en el líquido para engranaje.
- 15
14. Programa informático con medios de código de programa que están adaptados para realizar un procedimiento para vigilar un engranaje (6) de una instalación de energía eólica con un circuito de líquido para engranaje de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 13.
- 20
15. Sistema de vigilancia para un engranaje (6) de una instalación de energía eólica con un circuito de líquido para engranaje, que comprende un contador de partículas (16), un dispositivo de evaluación (28) y/o un dispositivo de control (32), estando configurados el dispositivo de evaluación (28) y/o el dispositivo de control (32) como instalación de procesamiento de datos, de manera que por medio de un programa informático de acuerdo con la reivindicación 14 puede realizarse un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 13.
- 25



