

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 435 843**

51 Int. Cl.:

G01M 13/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.07.2011 E 11174330 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2013 EP 2549257**

54 Título: **Procedimiento para la detección de daños en engranajes**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.12.2013

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**REIMERS, JAN-DIRK y
KLEIN-HITPASS, ARNO**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 435 843 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 la detección de daños en engranajes

5 La invención se refiere a un procedimiento para la detección de daños en fases de engranajes dentados con al menos una pareja de ruedas dentadas que están engranadas entre sí, en el que a través de al menos un sensor de oscilaciones se detectan señales de oscilaciones, que corresponden a las oscilaciones que aparecen en el funcionamiento de la fase del engranaje, y las señales de oscilaciones detectadas son analizadas para detectar posibles daños. Por otro lado, la invención se refiere a un dispositivo para la detección de daños en fases de engranajes dentados.

10 En numerosas máquinas en el sector industrial, los engranajes representan componentes centrales. Éstos están sometidos en el funcionamiento a una sollicitación fuerte y a desgastes unidos con ellas, que pueden conducir a daños que pueden tener como consecuencias un modo de funcionamiento empeorado y especialmente fallos del engranaje y de toda la máquina. Para reducir al minimizar o reducir los fallos de este tipo condicionados por daños y las pérdidas financieras implicadas con ello, se pretende observar el modo de funcionamiento del engranaje. En este contexto se emplean sistemas de supervisión de estado (Condition Monitoring Systems – CMS), con lo que se puede observar en el funcionamiento continuo si un componente, por ejemplo un engranaje, trabaja correctamente o, en cambio, existe una función errónea o bien se desarrolla una función de este tipo. La aparición o bien la preexistencia de un daño se puede detectar de esta manera precozmente, de modo que se pueden iniciar medidas adecuadas para limitar el daño localmente o subsanarlo de una manera rápida y eficiente. Como consecuencia, a través de la detección precoz de daños se pueden mantener reducidas las limitaciones del funcionamiento o bien los tiempos de parada de la máquina.

25 Actualmente los sistemas de supervisión de estados de este tipo, especialmente en el contexto de la generación de energía a través de energía adquieren cada vez más importancia, puesto que debe garantizarse el funcionamiento duradero fiable de la instalación de energía eólica para el suministro continuo de corriente y es condición previa para un funcionamiento económico. Especialmente se presta atención aquí a la supervisión del estado del engranaje, puesto que el engranaje de la instalación de energía eólica muestra los tiempos de fallo máximos por caso de fallos entre los componentes de las instalaciones de energía eólica. Un tiempo de fallo largo está condicionado en este caso por procedimientos de reparación complejos y a veces por una mala accesibilidad a los componentes dañados.

30 Un sistema de supervisión de estados o bien un sistema de diagnóstico de estados, como encuentra aplicación en el campo de la energía eólica, comprende, en general, una supervisión de la temperatura de la instalación, una supervisión del estado de aceite empleado en la instalación y una supervisión de las oscilaciones. En este último caso, se supervisan las oscilaciones implicadas con el funcionamiento de un componente por medio de sensores de oscilaciones adecuados, para poder detectar de esta manera las desviaciones del funcionamiento normal de la instalación de energía eólica o bien de sus componentes, que hacen referencia a un daño existente. También los parámetros de funcionamiento actuales como, por ejemplo, el número de revoluciones o la carga son supervisados y registrados.

40 La supervisión de estados se realiza en los procedimientos conocidos, en general, durante un periodo de tiempo prolongado. Para la detección de daños se comparan las señales detectadas con valores de referencia, que ha sido detectados en el marco de una medición de calibración o han sido obtenidos con la ayuda de métodos de simulación. Se puede llevar a cabo una catalogación de firmas de oscilación, que han sido detectadas en el caso de presencia de un daño y que están disponibles entonces para la comparación con firmas de oscilaciones a detectar en el futuro. Solamente se puede realzar un pronóstico de daños fiable en este caso a través de comparación cuando han predominando parámetros de funcionamiento idénticos durante la detección de las firmas de oscilaciones catalogadas y las firmas de oscilaciones, con las que éstas son comparadas.

45 Como consecuencia de las velocidades del viento claramente variables, sin embargo, una instalación de energía eólica está expuesta a un espectro de carga amplio, y los parámetros condicionados por el funcionamiento se extienden sobre una zona amplia. Por lo tanto, en general, no es posible o sólo con gasto alto depositar valores de referencia para todos los estados de funcionamiento concebibles del sistema. Por este motivo, se trabaja, por ejemplo, con una llamada técnica de curvas envolvente. A la señal de referencia se asocia en este caso, respectivamente, un valor mínimo y un valor máximo, con lo que se estima y se define la zona de las desviaciones condicionadas por el funcionamiento. Una desviación es interpretada entonces como condicionada por daño cuando la señal se encuentra fuera de esta ventana de referencia. Sin embargo, esto está unido con inexactitudes y debe utilizarse un experto para una detección fiable de daños, que analiza las señales detectadas y puede identificar daños posibles en virtud de su experiencia. Esto se considera un inconveniente, puesto que especialmente en virtud de la pluralidad de instalaciones de energía eólica instaladas, hay que contar con que no están disponibles expertos suficientes y, además, su utilización para la detección de daños va unida con altos costes.

Por lo tanto, los esfuerzos se dirigen a mejorar el análisis de los datos detectados en el marco de la supervisión de estados con respecto a daños presentes. En este caso, para un pronóstico fiable de los daños es especialmente necesario separar las modificaciones de las señales detectadas, que han sido provocadas por una variación de los parámetros actuales de funcionamiento, de las modificaciones condicionadas por daños.

5 En el marco de la publicación "Detecting Incipient Wind Turbine Gearbox Failure: The Signal Analysis Method for On-Line Condition Monitoring", de CJ Craptree y col. European Wind Energy Conference 2010 (EWEC 2010) se propone normalizar las señales detectadas en el marco de la diagnosis de estados sobre uno de los parámetros de funcionamiento, aquí la carga, con lo que debe mejorarse la fiabilidad de la detección de daños. Además, se presenta un método de análisis para la supervisión de estados en-línea, a través de la cual se detectan estados
10 iniciales del engranaje en una fase temprana, utilizando y comparando varias señales independientes, que han sido registradas en el marco de la supervisión de estados. En este caso, se utilizan para este principio de parámetros múltiples especialmente oscilaciones del engranaje registradas y el nivel del aceite.

La presente invención tiene el cometido de indicar otro procedimiento para la detección de daños, que posibilita una
15 detección o previsión fiable de daños en engranajes, pudiendo realizarse la detección de daños de forma automática y que se puede aplicar de forma económica.

Este cometido se soluciona de acuerdo con la invención porque por medio del sensor de oscilaciones se detecta una señal de oscilaciones, que corresponde a las oscilaciones, que son provocadas a través del movimiento de rodadura y de impacto durante un engrane del diente que tiene lugar bajo carga de la al menos una pareja de ruedas dentadas. La señal de oscilación es comparada con una señal de oscilación de calibración y a partir de la desviación
20 de la señal de oscilación con respecto a la señal de oscilación de calibración se calcula el par de torsión que actúa sobre el engranaje. A continuación el par de torsión calculado es tenido en cuenta en la evaluación de la señal de oscilación con respecto a posibles daños.

La invención se basa en el reconocimiento de que los dientes de una pareja de ruedas dentadas que están engranados se deforman cuando se aplica una carga. La deformación depende en este caso según la Ley de Hook para el caso elástico lineal de la fuerza existente y de la constante de resorte del componente deformado. Por lo tanto, en el caso de fases de engranajes dentados, la rigidez del diente junto con el par de torsión existente determinan en qué medida tiene lugar una deformación de los dientes en el engrane. Esta relación se aprovecha de acuerdo con la invención para calcular el par de torsión.

A través de las deformaciones condicionadas por la carga de los dientes que se encuentran engranados se modifica el desarrollo del engrane del diente. Estas modificaciones se pueden detectar por medio de sensores de oscilaciones. A tal fin, se detecta en el engranaje una señal de oscilación, que corresponde a las oscilaciones, que son provocadas por el movimiento de rodadura y de impacto cuando el engrane del diente se realiza bajo carga. La señal de oscilación detectada es comparada entonces con una señal de oscilación de calibración y a partir de la desviación de la señal de oscilación respecto de la señal de oscilación de calibración se determina el par de torsión
35 que actúa sobre el engranaje.

Si se supervisa el estado del engranaje por medio de sensores de oscilación, se pueden detectar daños, puesto que también las deformaciones condicionadas por desgaste y por daños de los componentes de los engranajes conducen a una modificación de señales de oscilación detectadas. A tal fin se analizan las señales de oscilación detectadas, por ejemplo en lo que se refiere a puntos significativos y se comparan con valores de referencia. En este caso, las desviaciones condicionadas por daños están presentes en forma de picos o flancos en la señal de oscilación. También los picos o flancos en la señal se pueden desplazar condicionados por daños.

A través de la consideración de acuerdo con la invención del par de torsión que actúa sobre el engranaje durante el análisis de las señales se posibilita separar las modificaciones de las señales de oscilación condicionadas puramente por el funcionamiento de las modificaciones condicionadas por daños. Las señales de oscilación detectadas se pueden normalizar a tal fin, por ejemplo, sobre el par de torsión calculado de acuerdo con la invención, pudiendo encontrar aplicación diferentes métodos matemáticos o dependientes de la función conocidos. Así, de una manera sencilla se garantiza una detección o bien previsión fiable de daños y, por lo tanto, un funcionamiento económico de la instalación que comprende el engranaje.

En una forma de realización de la presente invención, puede estar previsto que se detecte una señal de oscilación que corresponde a un engrane de diente de otra pareja de ruedas dentadas. La señal de oscilación es comparada entonces con una señal de oscilación de calibración, y a partir de la diferencia de las desviaciones de las dos señales de oscilación respecto de las señales de oscilación de calibración respectivas se calcula el par de torsión que actúa sobre el engranaje. A continuación se tiene en cuenta el par de torsión durante la evaluación de la señal de

oscilación con respecto a daños posibles.

En este caso, es posible detectar señales de oscilación, que corresponden a dos parejas de ruedas dentadas que están engranadas, que están previstas en lugares distanciados axialmente en un árbol. De esta manera, para la determinación del par de torsión se puede tener en cuenta también la deformación del árbol en función de la carga.

5 Bajo carga se pueden someter a deformaciones tanto los dientes de las parejas de ruedas dentadas como también la sección del árbol que se encuentra entre las dos parejas de ruedas dentadas. Una determinación de la diferencia de las desviaciones de las dos señales de oscilación que corresponden a los engranes de los dientes respecto de las señales de oscilación de calibración respectivas comprende entonces también la deformación del árbol condicionada por la carga. A las dos parejas de ruedas dentadas corresponden en este caso señales de
10 oscilaciones individuales o, en cambio, diferentes componentes de la señal de oscilación de una señal.

En una configuración ventajosa, se puede utilizar como señal de oscilación de calibración una señal de oscilación, que corresponde a las oscilaciones, que son provocadas por el movimiento de rodadura y el movimiento de impacto en el caso de un engrane de diente, que se realiza bajo carga y número de revoluciones conocidos, de la al menos una pareja de rudas dentadas. Para poder calcular la modificación de la señal de oscilación detectada, condicionada
15 por el par de torsión existente, debe compararse la señal, en general, con una referencia adecuada. Ésta se puede crear registrando bajo carga y número de revoluciones conocidos una señal de oscilación, que está asociada al engrane del diente. También en el marco de una medición de calibración se puede determinar una función de transmisión, por medio de la cual se asocia un valor del par de torsión discreto a una desviación discreta de la señal de oscilación. En general, debe realizarse una calibración para cada tipo de engranaje. En este caso, se pueden
20 utilizar procedimientos conocidos, como encuentran aplicación, por ejemplo, en un banco de pruebas de engranajes.

En otro ejemplo de realización de la invención, está previsto que se detecten señales de oscilación, que corresponden a varios engranes de dientes dispuestos en lugares diferentes en el engranaje, se forme el valor medio de las desviaciones de las señales de oscilación respecto a las señales de oscilaciones de calibración, y a partir del valor medio se calcule el par de torsión. A través de la formación del valor medio se puede calcular en este
25 caso de manera conocida un valor de medición más fiable.

De acuerdo con otra forma de realización preferida de la invención, está previsto que a partir de la señal de oscilación se calcule la duración del engrane del diente de la al menos una pareja de ruedas dentadas que están engranadas entre sí, y a partir de la desviación de la curva de la duración de engrane de los dientes respecto de una duración de engrane de los dientes bajo carga y número de revoluciones conocidos se calcule el par de torsión. En
30 este caso, puede estar previsto especialmente que como duración del engrane de los dientes se calcule la duración del engrane de los dientes entre el punto inicial del engrane A y el punto del final del engrane E y/o la duración del engrane de los dientes entre el punto inicial de la región de engrane individual y punto final D de la región de engrane individual entre dos dientes.

De acuerdo con la invención se analiza la señal de oscilación detectada con respecto a la duración del engrane del diente, pudiendo identificarse puntos significativos del engrane del diente, por ejemplo en forma de picos o flancos en la señal de oscilación. Condicionado por la carga, se realiza una modificación característica de la duración del engrane del diente. La duración total del engrane, es decir, la duración entre el punto inicial del engrane A y el punto del final del engrane E se incrementa a medida que se eleva la carga, mientras que la duración del engrane del diente entre el punto inicial B y el punto final D de la región de engrane individual se reduce a medida que se
40 incrementa la carga. Este comportamiento característico se puede deducir a partir de las señales de oscilación detectadas por medio de sensores de oscilación y se pueden utilizar de acuerdo con la invención para la determinación del par de torsión.

Otra forma de realización de la presente invención se caracteriza porque se realiza una supervisión y memorización continuas del valor del par de torsión detectado y se emite una señal de alarma cuando uno de los valores de par de torsión detectados está fuera de un intervalo de valores del par de torsión admisibles predeterminado. En este caso, los valores del par de torsión son detectados y memorizados de manera ventajosa con resolución local y el mensaje comprende la indicación del valor del par de torsión inadmisibles así como una indicación del lugar, en el que se ha detectado en el engranaje el valor del par de torsión. De esta manera se garantiza que en el caso de presencia de una desviación alta del par de torsión se emita un mensaje y se garantice que se puede identificar el lugar en el engranaje, en el que ha sido detectado este valor alto. También se pueden comparar valores individuales del par de torsión con un valor medio formado a través de diferentes lugares del engranaje, para identificar una desviación local respecto del valor medio.
45

De acuerdo con una forma de realización preferida de la invención, está previsto que se aplique la transformada de Fourier en al menos una señal de oscilación. A través de la transformación de Fourier se puede transformar, por ejemplo, una señal de oscilación en función del tiempo en el espacio de frecuencia y se puede realizar un análisis dependiente de la frecuencia de la señal. En la representación dependiente de la frecuencia se pueden hallar
55

entonces curvas características de la señal como por ejemplo picos en valores discretos de la frecuencia y se pueden correlacionar con valores condicionados por el funcionamiento, como por ejemplo la frecuencia básica de engrane del diente. Ésta resulta a partir del número de revoluciones y del número de los dientes de la ruda dentada.

5 Si se representa la señal de oscilación en el espacio de frecuencia, entonces a partir de la señal de oscilación se puede filtrar una parte que se encuentra en una gama de frecuencias predeterminada, especialmente aquella parte, que se extiende en un intervalo de frecuencias predeterminado y la frecuencia básica de engrane del diente. De esta manera, se puede aislar la gama de frecuencias necesaria para el análisis, para tener en cuenta, por ejemplo, sólo la componente de la señal que es relevante para la determinación del par de torsión.

10 Otra forma de realización se caracteriza porque la frecuencia básica de engrane del diente se calcula con la ayuda de un contador del número de revoluciones. A partir del número de revoluciones actual se puede calcular en este caso junto con el número conocido de los dientes de la rueda dentada la frecuencia básica de engrane del diente.

15 La señal de oscilación se puede detectar por medio de registradores de oscilación del sonido corporal y/o por medio de registradores de oscilación del sonido del aire. En este caso, puede estar previsto especialmente que la señal de oscilación sea detectada por medio de sensores de oscilación de un Sistema de Supervisión de la Condición. La utilización de los sensores de oscilaciones existentes de un sistema de supervisión de estados es especialmente ventajosa, puesto que no deben instalarse componentes adicionales en el engranaje o bien en la instalación que comprende el engranaje, para aplicar el procedimiento de acuerdo con la invención.

20 En una configuración ventajosa, se puede supervisar la temperatura del engranaje y/o del dispositivo que comprende el engranaje y se puede incorporar al mismo tiempo en la evaluación de la señal de oscilación con respecto a daños posibles. Además, se puede supervisar el estado del aceite del engranaje, especialmente la viscosidad y/o la pureza y/o la humedad y/u otros valores característicos del aceite del engranaje y se pueden incorporar al mismo tiempo en la evaluación de la señal de oscilación con respecto a posibles daños. La detección de otros parámetros condicionados por el funcionamiento y su consideración en el análisis de las señales de oscilación hace posible separar las modificaciones condicionadas por el funcionamiento de las modificaciones condicionadas por daños. Si se detectan numerosos parámetros de funcionamiento, se pueden crear a través de métodos matemáticos conocidos, especialmente relaciones de parámetros múltiples y se posibilita una detección o bien previsión fiable de daños.

30 Por último, otro objeto de la presente invención se refiere a un dispositivo para la detección de daños en fases de engranajes dentados, que comprende al menos un sensor de oscilaciones y un dispositivo de control, en el que el sensor de oscilaciones está configurado para detectar una señal de oscilación, que corresponde a las oscilaciones, que son ocasionadas a través del movimiento de rodadura y de impacto durante un engrane de dientes, que se realiza bajo carga, de la al menos una pareja de ruedas dentadas y el dispositivo de control está configurado para detectar daños en la fase del engranaje dentado utilizando el procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores.

35 Con respecto a otras configuraciones y desarrollos ventajosos de la invención se remite a las reivindicaciones dependientes así como a la siguiente descripción de un ejemplo de realización con referencia al dibujo. En el dibujo:

La figura 1 muestra una vista esquemática de un engranaje.

La figura 2 muestra una representación esquemática de una pareja de ruedas dentadas que están engranadas, y

40 La figura 3 muestra un diagrama, en el que para diferentes pares de torsión existentes se registran las presiones de los flancos de los dientes sobre el recorrido de engrane.

45 La figura 1 muestra en representación esquemática un engranaje 1, como encuentra aplicación, por ejemplo, en instalaciones de energía eólica, para convertir el movimiento giratorio del rotor en una rotación del árbol de accionamiento de un generador. El engranaje 1 comprende dos fases de engranajes dentados 2, 3, a las que están asociados, respectivamente, un sensor de oscilación 4, 5 y un contador del número de revoluciones 6, 7. En el ejemplo de realización mostrado concreto, en los sensores de oscilación se trata de registradores de oscilaciones de sonido corporal 4, 5. No obstante, también se pueden utilizar otros sensores, como por ejemplo registradores de oscilaciones de sonido del aire. Los registradores de oscilaciones de sonido corporal 4, 5 son aquí componente integral de un sistema de supervisión de estados no representado, con el que se supervisa el engranaje 1. Del sistema de supervisión de estados solamente se muestra aquí el dispositivo de control central 8, con el que están conectados los registradores de oscilaciones de sonido corporal 4, 5 y los cenadores del número de revoluciones 6, 7.

En el funcionamiento, las oscilaciones acústicas generadas por los dientes de la pareja de ruedas dentadas, que están engranados, de la primera fase de engranaje 2, son registradas por medio del registro de oscilaciones de sonido corporal 4 correspondiente. Cuando se aplica una carga, se deforman los dientes de la pareja de ruedas dentadas, dependiendo la medida de la deformación de la rigidez del diente y del par de torsión existente. Como consecuencia de ello, se modifica la curva del engrane del diente, lo que es detectado. A tal fin se detecta por medio del registrador de oscilaciones del sonido corporal 4 una señal de oscilación acústica, que corresponde a las oscilaciones, que son provocadas por el movimiento de rodadura y el movimiento de impacto durante el engrane de los dientes de una pareja de ruedas dentadas que tiene lugar bajo carga. La señal de oscilación detectada es comparada entonces con una señal de oscilación de calibración, y a partir de la desviación de la señal de oscilación respecto de la señal de oscilación de calibración se determina el par de torsión que actúa sobre el engranaje 1. El par de torsión calculado de esta manera es tenido en cuenta de acuerdo con la invención en la evaluación de la señal de oscilación con respecto a daños posibles.

En concreto, a partir de la señal de oscilación se calcula la duración del engrane del diente de una pareja de ruedas dentadas 9, 10 que están engranadas entre sí y a partir de la desviación de la curva de la duración del engrane del diente respecto de la duración del engrane del diente bajo carga y número de revoluciones conocidos se determina el par de torsión. En este caso, se calcula como duración del engrane del diente la duración del engrane del diente entre el punto del comienzo del engrane A y el punto del final del engrane E, y/o la duración del engrane del diente entre el punto inicial B de la región de engrane individual y el punto final D de la región del engrane individual entre dos dientes. Para la ilustración de la curva del engrane de los dientes y de dichos puntos característicos del mismo se remite a la figura 2, en la que se representa de manera esquemática una pareja de ruedas dentadas 9, 10 que se encuentran engranada. Los puntos característicos A-E del engrane de los dientes se representan de la misma manera.

Los puntos significativos del engrane de los dientes se pueden identificar, por ejemplo, en forma de picos o flancos en la señal de oscilación. Como consecuencia de la carga existente se modifica la duración del engrane de los dientes de una manera característica. La duración total del engrane, es decir, la duración entre el punto del comienzo del engrane A y el punto del final del engrane E se incrementa a medida que se eleva la carga, mientras que la duración del engrane de los dientes entre el punto inicial y el punto final D de la región de engrane se reduce a medida que se incrementa la carga. Este comportamiento se ilustra por medio de la figura 3, en la que se representa la presión de los flancos de los dientes sobre el recorrido de engrane para diferentes cargas. A partir de la figura 3 se puede deducir la variación en función de la carga de los impactos de engrane de los dientes a lo largo del recorrido de engrane. En general, se representan seis curvas 11-16, que corresponden a seis valores del par de torsión. En este caso, la curva inferior 11 muestra la presión sobre el recorrido de engrane para la carga mínima y la curva superior 16 muestra la presión sobre el recorrido de engrane para la carga máxima. Para las curvas intermedias 12-15, la carga existente se incrementa constantemente desde abajo hacia arriba. A partir de la comparación de las curvas se deduce que a medida que se incrementa la carga se eleva la duración total del engrane, mientras que la duración entre el punto inicial B y el punto final D de la región de engrane individual se reduce a medida que se incrementa la carga. Esta modificación se detecta a través de la señal de oscilación detectada por medio del registrador de oscilaciones de sonido corporal 4 y se utiliza de acuerdo con la invención para la determinación del par de torsión.

Puesto que las deformaciones condicionadas por el desgaste y por el daño de los componentes del engranaje conducen de la misma manera a una modificación de la señal de oscilación detectada, a través de la evaluación de la señal de oscilación se pueden detectar daños presentes en el engranaje 1. A tal fin se analiza la señal de oscilación con respecto a puntos significativos y se compara con valores de referencia, para identificar daños posibles. Las desviaciones condicionadas por daños pueden estar presentes en forma de picos o flancos en la señal de oscilación o, en cambio, los picos o flancos pueden estar desplazados en la señal condicionados por daños. La consideración de acuerdo con la invención del par de torsión que actúa sobre el engranaje 1 en el marco del análisis de la señal para la detección de daños posibilita en este caso separar las modificaciones condicionadas puramente por el funcionamiento de la señal de oscilación de las modificaciones condicionadas por daños. La señal de oscilación es normalizada, por ejemplo, al par de torsión de acuerdo con la invención, encontrando aplicación métodos matemáticos o dependientes de la función conocidos. Con ello se garantiza de una manera sencilla un reconocimiento o previsión fiable de daños y, por lo tanto, un funcionamiento económico de la instalación que comprende el engranaje 1.

Además, en el funcionamiento por medio del otro registrador de oscilaciones de sonido corporal 5 se detecta una señal de oscilación que corresponde al engrane del diente de una pareja de ruedas dentadas 9, 10 de la segunda fase de engrane 3 y la señal de oscilación es comparada con una señal de oscilación de calibración. A partir de la diferencia de la desviación de las dos señales de oscilación respecto a las señales de oscilación calibradas respectivas se calcula el par de torsión que actúa sobre el engranaje 1. El árbol no representado entre las ruedas dentadas 9,10 de la primera y de la segunda fases de engranaje se deforma de la misma manera cuando se aplica una carga y a través de la detección de las señales de oscilación que corresponden a las parejas de ruedas

dentadas se puede tener en cuenta también esta deformación del árbol para la determinación del par de torsión. De manera alternativa a la utilización de dos registradores de oscilaciones de sonido corporal 4, 5 independientes puede estar previsto también solamente en un lugar del engranaje un registrador de oscilaciones de sonido corporal 4, 5, que detecta una señal de oscilación, de manera que a las dos parejas de ruedas dentadas 9, 10 corresponden entonces diferentes componentes de señales de oscilación.

Como señal de oscilación de calibración se utiliza una señal de oscilación, que corresponde a las oscilaciones, que han sido provocadas por el movimiento de rodadura y de impacto en el caso de un engrane de dientes que se realiza bajo carga y número de revoluciones de la pareja respectiva de ruedas dentadas. Para poder calcular la modificación condicionada por un par de torsión existente de la señal de oscilación detectada, debe compararse la señal de oscilación con una referencia. Una referencia de este tipo se crea, por ejemplo, registrando bajo carga y número de revoluciones conocidos una señal de oscilación, que está asociada al engrane del diente. También se puede determinar una función de transmisión en el marco de una medición de calibración, por medio de la cual se asocia un par de torsión discreto a una desviación discreta de la señal de oscilación.

Además, en otros lugares en el engranaje 1 se pueden detectar por medio de registradores de oscilaciones de sonido corporal 4, 5, no representados en el dibujo, señales de oscilación, que corresponden, por lo demás, a diferentes lugares en el engranaje 1. Entonces se forma el valor medio de la desviación de las señales de oscilación respecto de señales de oscilación de calibración y a partir del valor medio se calcula el par de torsión.

Durante el funcionamiento se lleva a cabo una supervisión y memorización continuas de los valores del par de torsión calculados de acuerdo con la invención en el dispositivo de control central 8 y se emite una señal de alarma cuando uno de los valores detectados se encuentra fuera de un intervalo de valores de par de torsión admisibles predeterminados. Los valores del par de torsión son registrados y memorizados en este caso con resolución local y el mensaje comprende la indicación del valor del par de torsión inadmisibles así como la indicación del lugar, en cuyo punto ha sido detectado éste en el engranaje 1. En este caso, se pueden comparar también valores individuales de pares de torsión con un valor medio formado sobre diferentes lugares del engranaje, para identificar una desviación local respecto del valor medio y notificarla por medio de una señal de alarma.

En el marco del análisis se puede realizar también una transformación de Fourier de la señal de oscilación detectada. De esta manera se puede transformar una señal de oscilación, por ejemplo en función del tiempo, en el espacio de frecuencias y se puede llevar a cabo un análisis dependiente de la frecuencia de la señal. En la representación dependiente de la frecuencia se hallan entonces curvas características de la señal como por ejemplo picos en valores discretos de la frecuencia y se pueden correlacionar con valores condicionados por el funcionamiento, como por ejemplo la frecuencia básica de engrane del diente.

Si se representa la señal de oscilación en el espacio de frecuencia, entonces a partir de la señal de oscilación se puede filtrar una parte que se encuentra en una gama de frecuencias predeterminada, especialmente aquella parte, que se extiende en un intervalo de frecuencias predeterminado y la frecuencia básica de engrane del diente. En el marco del análisis puede ser ventajoso aislar de esta manera una gama de frecuencias necesaria, para poder tener en cuenta, por ejemplo, sólo las componentes de la señal que son relevantes para la determinación del par de torsión.

La frecuencia básica de engrane del diente se calcula en este caso con la ayuda del contador de números de revoluciones 6, 7, de manera que se calcula, respectivamente, a partir del número de revoluciones y del número conocido de los dientes de la rueda dentada 9, 10.

Por lo demás, la temperatura del engranaje 1 y del dispositivo que comprende el engranaje 1 se puede supervisar por medio de sensores de temperatura no representados y se puede incorporar en la evaluación de la señal de oscilación con respecto a daños posibles. También el estado del aceite del engranaje, especialmente la viscosidad, la pureza, la humedad y otros valores característicos del aceite del engranaje son supervisados y con incorporados al mismo tiempo en la evaluación. En este caso, la detección de estos otros parámetros condicionados por el funcionamiento y su consideración en el análisis de las señales de oscilación posibilita la separación de modificaciones condicionadas por el funcionamiento y condicionadas por daños.

A través de la detección de esta pluralidad de parámetros de funcionamiento, especialmente la consideración del par de torsión determinado de acuerdo con la invención se pueden crear relaciones de parámetros múltiples a través de métodos matemáticos conocidos y se posibilita una detección o bien previsión fiables de daños.

Aunque la invención se ha ilustrado y descrito en detalle a través del ejemplo de realización preferido, la invención no está limitada por los ejemplos publicados y se pueden derivar otras variaciones por el técnico, sin abandonar el

alcance de protección de la invención.

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Procedimiento para la detección de daños en fases de engranajes dentados (2, 3) con al menos una pareja de ruedas dentadas (9, 10) que están engranadas entre sí, en el que a través de al menos un sensor de oscilaciones (9, 10) se detectan señales de oscilaciones, que corresponden a las oscilaciones que aparecen en el funcionamiento de la fase del engranaje (2, 3), y las señales de oscilaciones detectadas son analizadas para detectar posibles daños, caracterizado porque
- por medio del sensor de oscilaciones (4, 5) se detecta una señal de oscilaciones, que corresponde a las oscilaciones, que son provocadas a través del movimiento de rodadura y de impacto durante un engrane del diente que tiene lugar bajo carga de la al menos una pareja de ruedas dentadas (9, 10),
- 10 - la señal de oscilación es comparada con una señal de oscilación de calibración,
- a partir de la desviación de la señal de oscilación con respecto a la señal de oscilación de calibración se calcula el par de torsión que actúa sobre el engranaje (1), y
 - el par de torsión calculado es tenido en cuenta en la evaluación de la señal de oscilación con respecto a posibles daños.
- 15 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque
- se detecta una señal de oscilación que corresponde a un engrane del diente de otra pareja de ruedas dentadas (9, 10),
 - se compara la señal de oscilación con una señal de oscilación de calibración,
- 20 - a partir de la diferencia de las desviaciones de las dos señales de oscilación con respecto a las señales de oscilación de calibración respectivas, se calcula el par de torsión que actúa sobre el engranaje (1),
- 3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque como señal de oscilación de calibración se utiliza una señal de oscilación, que corresponde a las oscilaciones, que son provocadas a través de los movimientos de rodadura y de impacto durante un engrane del diente, que tiene lugar bajo carga y número de revoluciones conocidos, de la al menos una pareja de ruedas dentadas (9, 10).
- 25 4.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque
- se detectan señales de oscilaciones, que corresponden a varios engranes de dientes dispuestos en diferentes lugares en el engranaje (1),
 - se forma el valor medio de las desviaciones de las señales de oscilación respecto de las señales de oscilación de calibración, y
- 30 - partir del valor medio se calcula el par de torsión.
- 5.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque
- a partir de la señal de oscilación se calcula la duración del engrane del diente de la al menos una pareja de ruedas dentadas (9, 10) que están engranadas entre sí, y
- 35 - a partir de la desviación del desarrollo de la duración del engrane del diente respecto de una duración del engrane del diente bajo carga y número de revoluciones conocidos, se calcula el par de torsión.
- 6.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque como duración del engrane del diente se calcula la duración del engrane del diente entre el punto del comienzo del engrane A y el punto del final del engrane E y/o la duración del engrane del diente entre el punto inicial B de la zona de engrane individual y el punto final D de la zona de engrane individual entre dos dientes.
- 40 7.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se lleva a cabo una supervisión y memorización continuas del valor del par de torsión detectado y se emite una señal de alarma cuando uno de los valores de par de torsión detectados está fuera de un intervalo de valores del par de torsión admisibles

predeterminado.

- 5 8.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque los valores del par de torsión son detectados y memorizados con resolución local y el mensaje comprende la indicación del valor del par de torsión inadmisibles así como una indicación del lugar, en cuyo punto en el engranaje (1) se detectó el valor del par de torsión.
- 9.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se aplica la transformada de Fourier en al menos una señal de oscilación.
- 10.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque
- la señal de oscilación se representa en el espacio de frecuencias, y
- 10 - a partir de la señal de oscilación se filtra una parte que se encuentra en una gama de frecuencias predeterminada, en particular aquella parte que se extiende en un intervalo predeterminado de frecuencias alrededor de la frecuencia de base del engrane del diente.
- 11.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la frecuencia básica del engrane del diente se calcula con la ayuda de un contador del número de revoluciones (6, 7).
- 15 12.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la señal de oscilación es registrada por medio de registradores de oscilaciones de sonido corporal (4, 5).
- 13.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la señal de oscilación es detectada por medio de registradores de oscilaciones de sonido del aire (4, 5).
- 20 14.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la señal de oscilación es detectada por medio de sensores de oscilaciones (4, 5) de un sistema de supervisión de la condición.
- 15.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se supervisa la temperatura del engranaje (19 y/o del dispositivo que comprende el engranaje (1) y se incorpora al mismo tiempo en la evaluación de la señal de oscilación con respecto a posibles daños.
- 25 16.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se supervisa el estado del aceite del engranaje, en particular la viscosidad y/o la pureza y/o la humedad y/u otros valores característicos del aceite del engranaje y se incorporan al mismo tiempo en la evaluación de la señal de oscilación con respecto a posibles daños.
- 30 17.- Dispositivo para la detección de daños en fases de engranajes dentados (2, 3), que comprende al menos un sensor de oscilaciones (4, 5) y un dispositivo de control (8), en el que el sensor de oscilaciones (4, 5) está configurado para detectar una señal de oscilación, que corresponde a las oscilaciones, que son ocasionadas a través del movimiento de rodadura y de impacto durante un engrane de dientes, que se realiza bajo carga, de la al menos una pareja de ruedas dentadas (9, 10) y el dispositivo de control (8) está configurado para detectar daños en la fase del engranaje dentado (2, 3) utilizando el procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores.

35

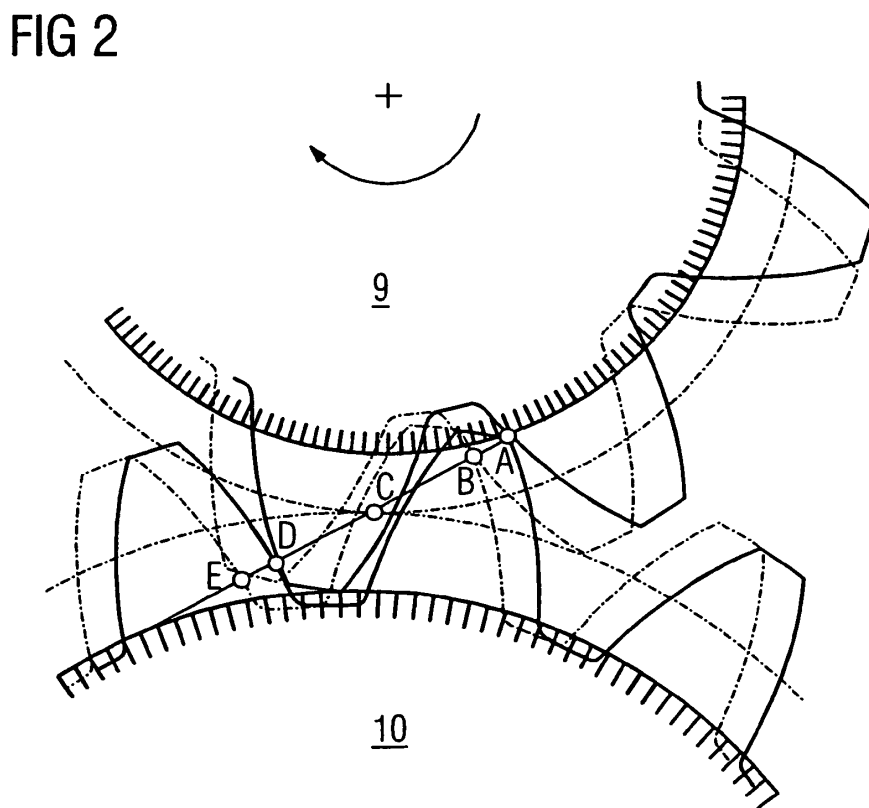
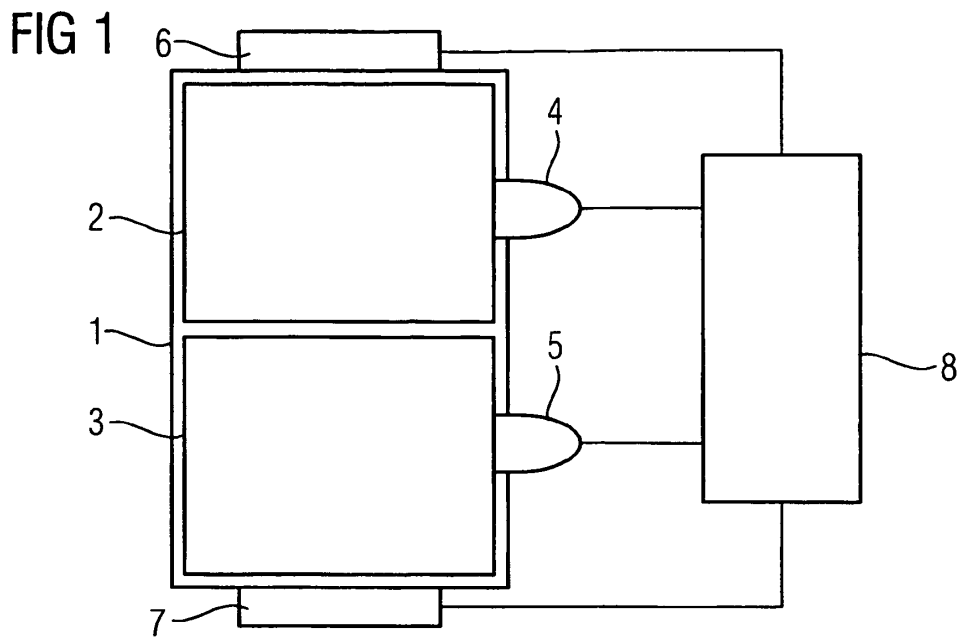


FIG 3

