

PREDECIR LA VIDA ÚTIL DE RODAMIENTOS MEDIANTE EL REGISTRO Y EVALUACIÓN DE DATOS REALES DE FUNCIONAMIENTO

LOS DATOS REALES DE FUNCIONAMIENTO OFRECEN UN INMENSO POTENCIAL PARA MEJORAR LOS RODAMIENTOS DEL TREN DE POTENCIA DE LOS AEROGENERADORES Y OPTIMIZAR SU FUNCIONAMIENTO. LA RECOGIDA, EVALUACIÓN E INTERPRETACIÓN DE DATOS PERMITE DEFINIR CON MAYOR PRECISIÓN LOS FACTORES DE SEGURIDAD Y ADAPTARLOS A NUEVOS DESARROLLOS. SCHAEFFLER ESTÁ DESARROLLANDO, YA SEA EN PROYECTOS PROPIOS O EN COLABORACIÓN CON DIFERENTES PARTNERS, NUEVOS CONCEPTOS PARA REGISTRAR VARIABLES QUE INFLUEN EN LOS DAÑOS DE LOS RODAMIENTOS. EL OBJETIVO ES DETECTAR CONDICIONES DESFAVORABLES DE FUNCIONAMIENTO Y, UTILIZANDO UNA ESTRATEGIA ADAPTADA DE MANTENIMIENTO Y FUNCIONAMIENTO, EVITARLAS O INICIAR CONTRAMEDIDAS CON ANTELACIÓN.

Nuevas soluciones para predecir la vida útil de componentes de multiplicadoras

ZF y Schaeffler están colaborando en el desarrollo de nuevas soluciones para predecir la vida útil de los componentes de las multiplicadoras, en función de las cargas reales durante su funcionamiento. Las primeras multiplicadoras, equipadas con sensores y sistemas de monitorización de estado, ya suministran datos de funcionamiento a una solución *cloud-to-cloud*.

La idea que subyace en este proyecto es utilizar la solución de *software* de ZF en las multiplicadoras como parte de un sistema inteligente, para brindar a los operadores de los parques eólicos una visión general de cada multiplicadora. Schaeffler es un socio preferente por lo que respecta a los rodamientos y provee análisis de carga de los mismos, mientras que ZF evalúa las cargas que soportan los componentes de la multiplicadora.

Los datos preprocesados del sistema de monitorización y otros sensores, se transmiten al entorno *cloud* de ZF, mientras que los datos de par de torsión y velocidad se envían al entorno *cloud* de Schaeffler, donde se ha implementado un modelo detallado de simulación de la multiplicadora de ZF como gemelo virtual. Los resultados del cálculo del gemelo virtual se transmiten de nuevo al entorno *cloud* de ZF y pasan a estar disponibles en el panel del *software* de ZF para su uso en la monitorización del estado de la multiplicadora.

La monitorización de las cargas reales permite a ZF y Schaeffler crear una base sobre la que poder desarrollar nuevos modelos basados en datos. En la primera fase, la vida útil nominal y los factores de seguridad de carga estática de los rodamientos de la multiplicadora, se evalúan en función de las variables de entrada disponibles utilizando el gemelo virtual. En la siguiente, se pueden tener en cuenta tanto la fatiga como otros mecanismos de daños. Esto es necesario porque la vida útil de los rodamientos eólicos generalmente no está limitada por la fatiga del material convencional, sino por los daños iniciados en la superficie (por ejemplo, debidos a un desgaste excesivo o a la contaminación del lubricante).

En el futuro, la evaluación basada en los datos de carga de los resultados del cálculo del gemelo virtual, permitirá que se detecten con antelación condiciones operativas perjudiciales, lo que posibilita reducir significativamente el plazo para iniciar medidas de mantenimiento en comparación con sistemas existentes. Además, también

PREDICTING THE OPERATING LIFE OF BEARINGS THROUGH THE COLLECTION AND EVALUATION OF ACTUAL OPERATING DATA

ACTUAL OPERATING DATA OFFERS IMMENSE POTENTIAL FOR IMPROVING WIND TURBINE DRIVE TRAINS' ROLLING BEARING SUPPORTS, OPTIMISING THEIR OPERATION. COLLECTING, EVALUATING AND INTERPRETING DATA MAKES IT POSSIBLE TO MORE ACCURATELY DEFINE SAFETY FACTORS AND ADAPT THEM FOR NEW DEVELOPMENTS. SCHAEFFLER IS DEVELOPING, THROUGH ITS OWN PROJECTS OR IN COLLABORATION WITH DIFFERENT PARTNERS, NEW CONCEPTS TO REGISTER VARIABLES THAT CAN CAUSE DAMAGES TO BEARINGS. THE AIM IS TO DETECT UNFAVOURABLE OPERATING CONDITIONS AND, USING AN ADAPTED MAINTENANCE AND OPERATING STRATEGY, PREVENT THESE OR INITIATE COUNTERMEASURES AT AN EARLY STAGE.

New solutions for predicting the operating life of wind turbine gearbox components

ZF and Schaeffler are collaborating to develop new solutions for predicting the operating life of wind turbine gearbox components based on the actual loads that occur during operation. The first wind turbine gearboxes equipped with sensors and condition monitoring systems have been supplying operating data to a cloud-to-cloud solution.

The idea behind this project is to utilise ZF's software solution for wind turbine gearboxes as part of a smart system, to provide wind farm operators with an aggregated overview of each gearbox. Schaeffler is a preferred partner for rolling bearings and supplies rolling bearing load analyses, while ZF itself assesses the loads placed on the gearbox components.

Pre-processed data from the condition monitoring system and other sensors is transmitted to the ZF cloud, while torque and speed data is forwarded to the Schaeffler cloud, where a detailed simulation model of the ZF gearbox has been implemented as a virtual twin. The calculation results from the virtual twin are transmitted back to the ZF cloud and are then available on the ZF software's dashboard for use in monitoring the gearbox's condition.

Monitoring the actual loads that occur in wind turbine gearboxes allows ZF and Schaeffler to create a basis on which new data-based models can be developed. In the first stage, the rating





se podrán implementar las contramedidas adecuadas para evitar condiciones críticas de funcionamiento y, en consecuencia, extender la vida útil de los rodamientos. Así, los operadores de parques eólicos tendrán a su disposición una herramienta que amplía significativamente sus horizontes de planificación.

En función de la carga real acumulada a la que se haya sometido cada rodamiento de la multiplicadora, Schaeffler también podrá ofrecer recomendaciones optimizadas de productos con antelación suficiente antes del siguiente intervalo de mantenimiento, que puede incluir la reposición del rodamiento en cuestión por uno idéntico, su actualización a una versión con recubrimiento o un rodamiento con un material de mayor rendimiento o un tratamiento térmico especial. Por consiguiente, se podrá asimilar mejor la vida útil de todos los rodamientos que contenga la multiplicadora.

Monitorización versátil de rodamientos del rotor

El sensor de grasa **GreaseCheck** de Schaeffler es un sensor óptico que detecta con antelación cambios del estado de la grasa, registrando tres parámetros: turbidez, contenido de agua y temperatura. Un beneficio concreto para los operadores de parques eólicos es determinar los intervalos de relubricación de los aerogeneradores, evitando el costoso proceso de tomar y analizar muestras de grasa. Como el estado de la grasa se monitoriza continuamente, los operadores pueden responder iniciando medidas de mantenimiento cuando se detecten cambios, en algunos casos incluso antes de que se produzcan daños.

Para monitorizar la precarga de sistemas de rodamientos premontados, Schaeffler ha desarrollado **LoadSense Pin**, un sensor basado en la tecnología de sensores de capa fina Sensotect de la empresa, que utiliza el método de medición empleado por los medidores de tensión. Esta unidad permite monitorizar la precarga de las uniones atornilladas durante el funcionamiento, lo que posibilita un nuevo apriete de los tornillos en caso de que se requiera y elimina la necesidad de controlar la precarga a intervalos fijos.

El **sensor de distancia de deslizamiento del conjunto de rodillos** registra la cantidad de veces que un elemento rodante pasa por el cabezal del sensor durante un número fijo de rotaciones del eje del rotor. El movimiento de rodadura de los elementos de contacto en el rodamiento siempre comporta movimientos de deslizamiento, que son pequeños cuando la ejecución es la correcta. Este microdeslizamiento, entre el anillo del rodamiento accionado y el conjunto de elementos rodantes, cambia la velocidad giratoria del conjunto de elementos rodantes y, por lo tanto, la frecuencia con que los elementos rodantes pasan por el cabezal del sensor. Cuando se conoce la geometría interna del rodamiento, la distancia media de deslizamiento y el microdeslizamiento, se puede calcular con gran precisión la media a lo largo del tiempo a partir del número de pasos del elemento rodante, incluso cuando fluctúe la velocidad del rotor, lo que permite deducir diversas cargas, rozamientos y condiciones de lubricación.

life and the static load safety factors of the gearbox bearings are assessed based on the available input variables using the virtual twin. In the subsequent stage, both fatigue and further damage mechanisms can be taken into consideration. This is necessary because the operating life of rolling bearings in wind power applications is generally not limited by conventional material fatigue but by surface-initiated damage (e.g. due to excessive wear or lubricant contamination).

The load data-based assessment of the calculation resulting from the virtual twin will in future make it possible for harmful operating conditions to be detected early, allowing the lead time for initiating maintenance measures to be significantly shortened compared to existing condition monitoring systems. It will additionally be possible to initiate suitable countermeasures to prevent critical operating conditions and thus extend the bearings' operating life. Wind farm operators will thus have a tool at their disposal that significantly extends their planning horizons.

Based on the actual cumulative load to which each bearing in the gearbox has been subjected, Schaeffler will also be able to offer optimised product recommendations with a relatively long lead time before the next maintenance interval. This can include carrying out a 1-to-1 replacement of the bearing in question, upgrading to a coated version or a bearing with a higher-performance material, or special heat treatment. It will therefore be possible to better assimilate the operating life of all bearings contained in the gearbox as a whole.

Versatile monitoring for rotor bearings

The Schaeffler **GreaseCheck** is an optical sensor system that allows changes in the condition of the grease to be detected early, recording three parameters: turbidity, water content and temperature. A particular benefit for wind farm operators is to determine relubrication intervals for wind turbines without having to go through the costly process of taking and analysing grease samples. Because the condition of the grease is continuously monitored, operators can respond by initiating maintenance measures when changes are detected, in some cases even before damage occurs.

To monitor pre-assembled rotor bearing systems, Schaeffler has developed the **LoadSense Pin**, a sensor based on the company's Sensotect thin-layer sensor technology, that uses the measurement method employed by strain gauges. This unit allows the preload of the flanged bearing's screw connections to be monitored during operation, which means that the screws can be tightened as required and eliminates the need for preload inspection at fixed intervals.

The **roller set sliding distance sensor** records the number of times that a rolling element passes the sensor head during a fixed number of rotor shaft rotations. The rolling motion of the contact partners in the bearing always means sliding movements – which are small when the design is correct. This micro-slippage between the driven bearing ring and the rolling element set changes the circumferential speed of the rolling element set and thus the frequency with which the rolling elements pass the sensor head. When the inner geometry of the rolling bearing is known, the mean sliding distance and micro-slippage can be very accurately calculated as an average over time from the number of rolling element passes – even when the rotor speed fluctuates – which allows various load, friction, and lubrication conditions to be deduced.