

Cómo mejorar la fiabilidad de los sistemas de engranajes de turbinas eólicas

El artículo de Shell Lubricants aborda las claves para reducir el coste total de propiedad a través del uso de un aceite de engranaje de alto rendimiento para la turbina eólica.

SHELL LUBRICANTS

El crecimiento en la demanda de energía y en el enfoque de reducir las emisiones de dióxido de carbono está incrementando el uso de fuentes de energías renovables como la energía eólica. Todas estas turbinas proporcionan aproximadamente el 3,7% del suministro total de electricidad del mundo. Los mercados de China, EE.UU., Alemania, India y España representan el 67% de la capacidad de energía eólica instalada en el mundo.

Generación de energía eólica a precio competitivo

Los fabricantes de las turbinas eólicas y los operadores de los parques eólicos se esfuerzan constantemente para reducir los costes generales asociados con la generación de la energía eólica. Estos costes incluyen gastos de funcionamiento y de mantenimiento, así como el gasto de capital inicial, ya que los operadores de los parques eólicos están buscando formas de mejorar la fiabilidad de las turbinas, reducir el mantenimiento no planificado y reducir los costes totales de propiedad. La energía eólica se está volviendo cada vez más competitiva en una base de gasto por MWh (megavatio hora) si la comparamos con formas competitivas de producción de energía.

Shell Lubricants trabaja con clientes del sector de la energía eólica de toda la cadena de valor con el fin de ayudar a reducir el coste total de propiedad y de implementar soluciones diseñadas para optimizar la vida de los sistemas de engranajes, los rodamientos, los lubricantes y las grasas. De conformidad con un estudio internacional del sector encargado por Shell Lubricants, la oferta de lubricantes con oportunidad de ahorro está reconocida pero infravalorada. El estudio reveló que el 58% de compañías reconoce que la selección de lubricantes puede ayudar a reducir los costes en un 5% o más pero menos de uno de diez se da

cuenta de que el impacto de la lubricación podría ser hasta seis veces superior.

De acuerdo con 'IEC 61400-1, Turbinas eólicas-Parte 1: Requisitos de diseño', la vida útil de una turbina eólica debería ser de al menos 20 años para las clases I a III (clasificación de velocidad del viento). Esto también se aplica a todos los componentes y subcomponentes de la turbina. Por ende, las cajas de engranajes y los rodamientos también tienen un requisito de vida útil de 20 años.

Varios estudios sobre parques eólicos en Europa y América del Norte revelan que aunque los fallos de las cajas de cambios no son tan comunes como los de componentes, como por ejemplo los sistemas eléctricos, provocan el mayor tiempo de inactividad y los mayores costes de sustitución (teniendo en cuenta los costes asociados a grúas, piezas de repuesto, mano de obra y tiempo de inactividad). Con mejoras en el diseño, la fabricación y el funcionamiento, así como en los procedimientos de mantenimiento, el tiempo de inactividad asociado a los fallos de los sistemas de engranajes/multiplicadora de la turbina eólica se ha reducido con los años, aunque el tiempo de inactividad y la fiabilidad de la turbina eólica siguen siendo preocupaciones continuas para los operadores.

Soluciones a abordar

Fiabilidad de los sistemas de engranajes de la turbina eólica

Teniendo en cuenta los componentes lubricados de la caja de cambios de la turbina eólica, incluyendo los rodamientos en diversas aplicaciones críticas: pitch, alternador, giro, etc. ¿cómo se puede conseguir una fiabilidad mejorada e incrementar la vida útil (a menudo conocida como la vida útil L10)? La fiabilidad de los rodamientos se puede y se está mejorando de varias formas mediante el diseño (por ejemplo, mediante el uso de revestimientos de óxido negro / Black Coating), la lubricación, el control de la contaminación

y las soluciones de prácticas de mantenimiento. Mediante un enfoque combinado, los operadores han sido capaces de reducir la incidencia de fallos.

Aceite de alto rendimiento para el engranaje de la turbina eólica

En los inicios de las multiplicadoras para las turbinas eólicas, el desgaste microscópico de los engranajes era un tipo de fallo muy común. No obstante, se ha demostrado que el diseño de ingeniería, el acabado de la superficie y las soluciones de lubricación ayudan a reducir la incidencia de dichos fallos. Los aceites para los engranajes de las turbinas eólicas como el nuevo Shell Omala S5 Wind 320 están diseñados para tener una resistencia excelente al desgaste por rozadura y un alto nivel de resistencia al 'micropitting' en pruebas estándar del sector. Estas pruebas incluyen las pruebas de desgaste y 'micropitting' de FZG y FVA que se realizan en condiciones de velocidad y temperatura variables, incluidas condiciones de baja velocidad y alto torque.

Un aceite sintético del engranaje de la turbina eólica bien diseñado tendrá resultados de desgaste por rozadura bajo condiciones de velocidad única y doble, y cuando se pruebe a 60 ° C y 90 ° C con una fase de carga de fallos de 14 o más.

Tal y como indica la alta incidencia de fallos en los rodamientos de las turbinas de viento, se requieren esfuerzos continuos para evitar o reducir los fallos de los rodamientos. Shell Lubricants está activamente comprometido con la investigación para desarrollar una nueva tecnología de lubricantes para las turbinas de viento, como el nuevo aceite de engranaje de turbinas eólicas Shell Omala S5 Wind 320; estudios conjuntos sobre los efectos de los distintos aditivos lubricantes en los mecanismos de fallo por fatiga y/o White Etching Cracks (WEC); e investigación sobre la utilización de técnicas de monitorización de condicio-

nes, tanto en la tecnología de sensores en línea como en el análisis de aceite.

Los fabricantes de rodamientos como SKF, FAG y Timken han desarrollado procedimientos de prueba para evaluar el rendimiento del aceite de engranajes en una variedad de diferentes regímenes de lubricación. La prueba de rodamiento de rodillos paso 1 a 4 de FAG, por ejemplo, evalúa el comportamiento de fatiga en las condiciones límite de lubricación, fricción mixta y lubricación elastohidrodinámica, incluso cuando esté contaminada con agua. Shell Omala S5 Wind 320 obtiene resultados de aprobado en esta dura prueba y muestra poco desgaste en los rodamientos de rodillos, pistas y las jaulas de rodamientos durante la prueba.

Las turbinas de viento suelen funcionar en ambientes costeros o marinos muy húmedos, en los que la protección de los rodamientos contra los efectos corrosivos del agua de mar es vital. El aceite para engranajes debe resistir la formación de depósitos dañinos y conservar su protección contra el desgaste de los rodamientos cuando esté contaminado con agua. Cuando se diseña el aceite para engranajes de turbinas eólicas, es necesario garantizar una combinación de aceite base y sistema de aditivos que proteja contra la herrumbre y la corrosión, incluso si el aceite se contamina con agua. Esta propiedad se evalúa en pruebas como la prueba de herrumbre ASTM D665A, la prueba de corrosión de cobre ASTM D130 y la prueba SKF EMCOR, que pueden realizarse con agua destilada y salada. Shell Omala S5 Wind 320 muestra una excelente protección en el desgaste de la prueba de corrosión con agua salada SKF EMCOR donde los rodamientos se califican como nuevos con un índice de 0-0 al final de la prueba (Figura 1).

Control de contaminación

La vida del rodamiento también está influenciada por la presencia de contaminación externa como partículas o agua, así como por la carga, la temperatura y la velocidad. La contaminación de partículas en los lubricantes es uno de los mayores causantes de fallos prematuros en el rodamiento y los engranajes. Mejorar la vida del rodamiento y, por ende, mejorar la fiabilidad, requiere un enfoque centrado en la cantidad de partículas que hay en el aceite que pueden llevar a un desgaste abrasivo. Las partículas pueden introducirse externamen-

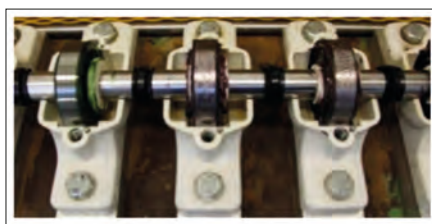


Figura 1: Shell Omala S5 Wind 320 demuestra una resistencia excelente a la corrosión en la prueba SKF EMCOR.

te a través de sellos y respiraderos inadecuados o almacenamiento y manejo deficiente de lubricantes, o internamente como subproductos de desgaste. Para reducir el nivel de contaminantes externos es vital utilizar la filtración mientras se llena la caja de cambios y durante el funcionamiento.

El aceite de engranaje de la turbina eólica debe estar filtrado antes de añadirse a las cajas de cambios y al servicio, según los valores específicos establecidos por los estándares de la industria y los fabricantes de la maquinaria. Shell Omala S5 Wind 320 se fabrica en instalaciones de mezcla de última generación y está certificado para tener una clasificación de limpieza ISO 4406 de $-/14/11$ o superior. Las cajas de cambios de la turbina eólica contienen uno o más sistemas mecánicos de filtración en línea (Figura 2a), que se suelen combinar con el circuito de refrigeración. El filtro en línea más común utilizado por la industria eólica es un elemento de dos etapas de $50\text{-}\mu\text{m}/10\text{ }\mu\text{m}$ con una válvula de derivación incorporada. El medio de filtro suele ser un medio de fibra de vidrio sintético.

Origen de la muestra

- Limpieza requerida según ISO 4406: 99.
- Nuevo aceite añadido a la caja de cambios en cualquier ubicación.
- Aceite a granel de la caja de cambios después de la prueba de fábrica realizada por la fábrica de engranajes.
- Aceite a granel de la caja de cambios después de un mes de funcionamiento tras la

puesta en marcha de la turbina eólica.

- El aceite a granel de la caja de engranajes se muestrea según el programa de mantenimiento.

Cada vez son más los fabricantes de turbinas eólicas y los operadores de parques eólicos que están adaptando los filtros offline (Figura 2b) para mejorar la limpieza del aceite del engranaje y, por lo tanto, alargar la vida útil del rodamiento. Dichos filtros suelen usar filtración profunda a través de medios de celulosa con una calificación absoluta de 5 o incluso $3\text{ }\mu\text{m}$.

El flujo de aceite a través de los filtros en línea puede ser muy alto, hasta 200l/min, mientras que en un filtro offline es mucho más lento en torno a 45-60l/h. Con velocidades de flujo tan altas y un tiempo de permanencia mínimo en la caja de cambios, es importante que el aceite de engranajes tenga tendencia baja a la formación de espuma y una rápida liberación de aire. En consecuencia, es importante probar el aceite de engranajes de la turbina eólica para su uso con diferentes medios filtrantes, especialmente medios adosados.

Shell Omala S5 Wind 320 ha sido rigurosamente probado con los principales fabricantes de filtros para garantizar que conserva el rendimiento de la espuma incluso con filtración adosada. Después de ciclos prolongados a través de un filtro fino de $3\text{ }\mu\text{m}$, algunos aceites para engranajes muestran un aumento en la tendencia a la formación de espuma. Shell Omala S5 Wind 320, sin embargo, conserva un excelente rendimiento anti espuma, incluso en pruebas prolongadas con medios de filtro adosado comúnmente utilizados (Figura 3).

Prácticas de lubricación y seguimiento de las condiciones

Como con cualquier otro lubricante, se deben utilizar los procedimientos de almace-

Sample origin	Cleanliness required as per ISO 4406:99
New oil added to gearbox at any location	$-/14/11$
Bulk oil from gearbox after factory test by the gearbox manufacturing facility	$-/15/12$
Bulk oil from gearbox after being in service for a month after wind turbine commissioning	$-/15/12$
Bulk oil from gearbox sampled as per maintenance schedule	$-/16/13$

Tabla 1: Los requisitos para la limpieza del aceite del engranaje de la turbina eólica (Fuente: IEC61400-4).

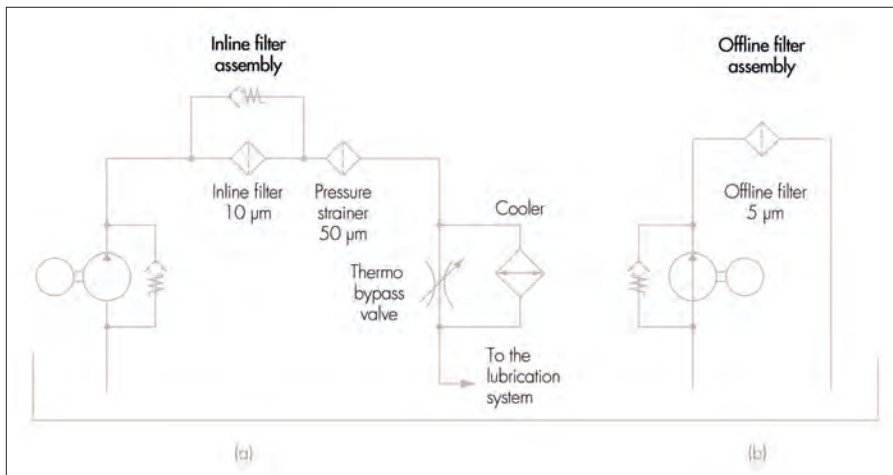


Figura 2a.

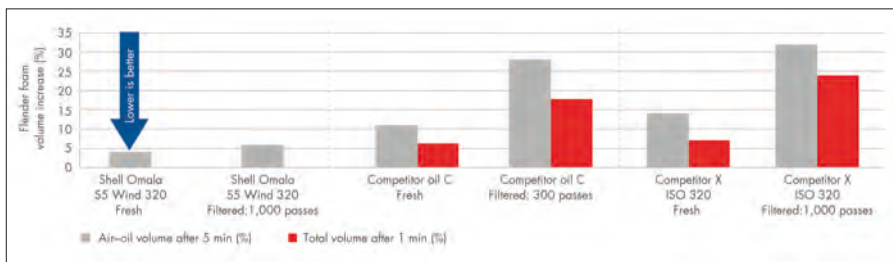


Figura 2b.

namiento y gestión apropiados para el aceite de la caja de cambios de la turbina eólica con el fin de mantener el rendimiento del producto. Es importante prestar atención a los respiraderos y filtros de la caja de cambios en servicio para proteger contra la entrada de partículas y agua.

El análisis del aceite en la caja de cambios principal de una turbina eólica debe ser un componente clave en un programa de mantenimiento basado en la fiabilidad y el estado del aceite. En consecuencia, Shell Lubricants ofrece el programa de seguimiento del estado del aceite Shell LubeAnalyst a los operadores de parques eólicos.

El muestreo y las pruebas regulares, generalmente cada seis meses (más a menudo si hay problemas de funcionamiento) pueden proporcionar información clave sobre la contaminación y la degradación del aceite del engranaje, así como sobre el estado de la caja de cambios principal y del fluido hidráulico ayudan a los operadores a comprender el estado de la caja de cambios y el aceite de sus turbinas. El software de tendencia está disponible para comparar el rendimiento de una unidad determinada en una cartera de activos. Los parámetros críticos del aceite, como la viscosidad, el contenido de agua, la contaminación por partículas, el desg-

te de los metales y el grado de oxidación se suelen evaluar normalmente. También hay disponibles pruebas más extensas, que incluyen análisis ferrográfico y tendencia a la formación de espuma. Los expertos de Shell pueden ayudar a los clientes a entender los beneficios del programa de análisis de aceite y a aprender cómo utilizar el software y cómo leer los informes del análisis del aceite.

Cambiar el aceite de los engranajes en una turbina eólica, ya sea debido a la finalización de la vida de servicio, a la contaminación excesiva, a la formación de depósitos, al daño de rodamientos o de la caja de cambios, supone riesgos logísticos. La lejanía de los par-

ques eólicos, las adversas condiciones climáticas (temperaturas ambiente bajas y altas) y la altura de las torres a las que se debe subir conllevan que cambiar con éxito el aceite de la caja de cambios requiera una cuidadosa planificación. El personal técnico de Shell Lubricants ha desarrollado procedimientos de lavado de aceite de engranajes de turbina eólica que se pueden utilizar para facilitar el cambio de aceite y que se han aplicado con éxito a muchas turbinas eólicas en funcionamiento. Esta experiencia ha demostrado que el proceso proporciona un arrastre inferior del aceite residual en servicio al nuevo llenado de aceite del engranaje. El proceso puede ayudar a ampliar el intervalo de drenaje de aceite del nuevo aceite, reducir la frecuencia de los cambios del filtro de aceite y evitar interrupciones y paradas no planificadas.

Resumen

A medida que los operadores buscan mejorar la fiabilidad de su turbina eólica y alargar la vida de las cajas de engranajes y rodamientos, es vital el uso de lubricantes y grasas de alto rendimiento, así como de las soluciones asociadas al servicio para favorecer la reducción del coste total de propiedad. Shell Omala S5 Wind se ha desarrollado para abordar los desafíos a los que se enfrentan los fabricantes del equipamiento y los operadores.

A medida que se desarrollan nuevos diseños de cajas de engranajes y aumenta el conocimiento de los mecanismos de fallos y sus causas principales, Shell sigue innovando mediante el lanzamiento de nuevas tecnologías al mercado y trabajando en estrecha relación con los fabricantes de componentes y turbinas de viento para mejorar la fiabilidad de las turbinas de viento ◀◀

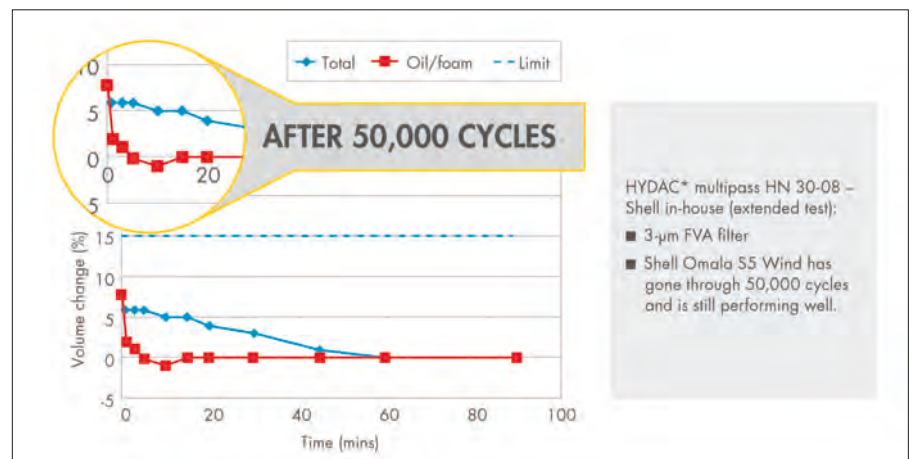


Figura 3.