

EVALUACIÓN DEL ENVEJECIMIENTO DE LOS AEROGENERADORES PARA EXTENSIÓN DE VIDA

A PESAR DE TENER UNA VIDA ÚTIL PLANIFICADA DE ALREDEDOR DE 20 AÑOS, MUCHOS AEROGENERADORES PUEDEN FUNCIONAR DE MANERA SEGURA DURANTE VARIOS AÑOS MÁS ALLÁ DE SU VIDA ÚTIL DE DISEÑO. PARA ESTABLECER SI UN AEROGENERADOR PUEDE SER APTO PARA UNA OPERACIÓN AMPLIADA, SE REALIZA UNA EVALUACIÓN DE EXTENSIÓN DE VIDA. EN ESTE ARTÍCULO, TÜV SÜD DESCRIBE LOS REQUISITOS, MÉTODOS Y RESULTADOS DE ESTE PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE SEGURIDAD.

A medida que los aerogeneradores se acercan al final de su vida útil, sus operadores se enfrentan a decisiones comerciales cruciales. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el desmantelamiento o la repotenciación no son las únicas opciones a considerar. Es posible continuar operando los aerogeneradores durante varios años después de su vida útil. Como se explica a continuación, las reparaciones necesarias son generalmente rentables y requieren solo un período de tiempo de inactividad limitado.

Evaluar la condición física de un aerogenerador para la operación ampliada es esencial para determinar si la extensión de vida es una alternativa viable. Además, permite a los operadores planificar sus activos para el futuro. La Asociación Alemana de Energía Eólica ha definido los principios básicos de la evaluación para extensión de vida. Un grupo de trabajo, formado por expertos técnicos, fabricantes, operadores, expertos legales y representantes de las autoridades; ha especificado los requisitos técnicos necesarios para la operación segura y económicamente viable de un aerogenerador.

El examen para evaluar el estado físico de un aerogenerador consta de dos partes. Se realiza una evaluación analítica utilizando los datos y la documentación existentes para calcular la duración potencial de la operación ampliada para todas las partes relevantes del aerogenerador. Además, se realiza una evaluación práctica del aerogenerador para documentar cualquier daño en el equipo y cualquier cambio en el entorno.

La evaluación analítica y la inspección in situ se realizan en paralelo. En ambos casos, la atención se centra en los elementos que soportan cargas y en los componentes que contribuyen a la estabilidad estructural del aerogenerador. Estos elementos incluyen: torre y cimentación, tornillos y pernos, todos los elementos que soportan



ASSESSING AGEING WIND TURBINES FOR LIFETIME EXTENSION

DESPITE HAVING A PLANNED SERVICE LIFE OF AROUND 20 YEARS, MANY WIND TURBINES CAN OPERATE SAFELY FOR SEVERAL YEARS BEYOND THEIR DESIGN LIVES. TO ESTABLISH WHETHER A WIND TURBINE IS FIT FOR CONTINUED OPERATION, A LIFETIME EXTENSION ASSESSMENT IS CONDUCTED. IN THIS ARTICLE, TÜV SÜD DESCRIBES THE REQUIREMENTS, METHODS AND RESULTS OF THIS SAFETY EVALUATION PROCEDURE.

As wind turbines approach the end of their service lives, their operators are faced with crucial business decisions. It is important to note, however, that decommissioning or repowering are not the only options to be considered. It may be possible to continue operating the wind turbines for a number of years beyond the end of their service lives. As will be explained below, the repairs needed are generally cost-effective and require only a limited period of downtime.

Assessing the physical condition of a wind turbine for continued operation is essential in order to determine whether life extension is a viable alternative. It also allows operators to plan for their assets' future. The basic principles of a lifetime extension assessment have been defined by the German Wind Energy Association. A working group, comprising technical experts, manufacturers, operators, legal experts and representatives from the public authorities, has specified the technical requirements necessary for the safe and economically viable operation of an ageing wind turbine.

The examination to assess the physical condition of a wind turbine has two parts. Firstly, an analytical evaluation takes place using the existing data and documentation to calculate the potential duration of continued operation for all relevant parts of the wind turbine. Secondly, a practical assessment of the wind turbine is carried out to document any damage to the equipment and any changes in the surrounding environment.

The analytical assessment and on-site inspection are conducted in parallel. In both cases, the focus is on the load-bearing elements and on the components that contribute to the structural stability of the wind turbine. These elements include the tower, foundation, screws and bolts, all the load-bearing parts of the nacelle, the hub, shaft, rotor blades, braking systems and safety functions.

Establishing the structural stability of the wind turbine is one of the main objectives of the safety evaluation procedure. The actual stresses and loads to which a wind turbine has been exposed during its operational lifetime need to be quantified. This data is derived from computer simulations that reflect design conditions after type-testing, as well as environmental operating conditions.

Following this analysis, a report is produced specifying the requirements and conditions necessary to prolong the lifetime of the wind turbine. The measures listed often

carga en la góndola, buje, eje, palas, sistemas de frenado y funciones de seguridad.

Establecer la estabilidad estructural del aerogenerador es uno de los principales objetivos del procedimiento de evaluación de seguridad. Es necesario cuantificar las tensiones y cargas reales a las que ha estado expuesto durante su vida útil operativa. Estos datos se obtienen de simulaciones por ordenador, que reflejan las condiciones de diseño después de la prueba de tipo, así como las condiciones ambientales de operación. También se lleva a cabo una inspección in situ del aerogenerador.

Después de este análisis, se elabora un informe que especifica los requisitos y condiciones necesarios para prolongar la vida útil del aerogenerador. Las medidas enumeradas suelen incluir reparaciones de las palas o reemplazo preventivo de los pernos. Por tanto, se puede hacer una estimación financiera precisa de los costes resultantes. Al final de la evaluación, el operador del aerogenerador reciben un informe detallado que especifica el tiempo restante hasta alcanzar las cargas de diseño y destaca tanto los riesgos como las oportunidades que resultan de la operación ampliada del mismo. Por tanto, es una herramienta importante para ayudar a los operadores en su proceso de toma de decisiones.

Aunque generalmente se realiza una evaluación de extensión de vida durante el último año de validez del permiso de operación del aerogenerador, puede realizarse en una etapa anterior. En el caso de desinversión o planificación presupuestaria a medio plazo, puede ser preferible adelantar la evaluación. En estos casos, no es necesaria una inspección in situ del equipo. Los resultados de esta evaluación se basan en cálculos y proporcionan una estimación de si será posible continuar la operación y cuándo es probable que sea necesario reemplazar componentes específicos. Estos resultados preliminares pueden incorporarse a una evaluación posterior de extensión de vida.

La duración potencial de la operación ampliada del aerogenerador se calcula en base a los datos ambientales de operación y la documentación técnica. Los operadores de aerogeneradores son responsables de enviar esta información y de programar la inspección de manera



include repairs to the rotor blades or the precautionary replacement of bolts. An accurate financial estimate of the final costs can thus be made. At the end of the assessment, wind turbine operators receive an in-depth report specifying the time remaining until design loads are reached and highlighting both the risks and opportunities resulting from continued operation of the wind turbine. It is therefore an important tool for assisting operators in their decision-making process.

Although a lifetime extension assessment is usually performed during the last year of validity of the wind turbine's operating permit, it may be conducted at an earlier stage. In the case of divestment or medium-term budget planning, it may be preferable to bring the evaluation forward. In these instances, an on-site inspection of the equipment is not necessary. The findings of this evaluation are based on calculations and provide an estimate as to whether continued operation will be possible and when specific components are likely to need replacing. These preliminary results can be incorporated into a lifetime extension assessment at a later point in time.



The potential duration of the turbine's continued operation is calculated based on environmental operating data and technical documentation. Wind turbine operators are responsible for submitting this information and for scheduling the inspection in a timely fashion. Environmental data and, in particular, historical wind conditions are of great value in order to calculate loads and stresses for the period of operation, including: average wind speeds, turbulence intensities and extreme wind events for the previous 20 years. Operating data and data from the anemometer on the nacelle are used as the basis for this calculation. If these figures are unavailable for the entire period, long-term extrapolation may be performed using other data sets, i.e. reanalysis data.

oportuna. Los datos ambientales y, en particular, las condiciones históricas de viento, son de gran valor para calcular cargas y tensiones para el período de operación, tales como: velocidades promedio del viento, intensidades de turbulencia y eventos de viento extremo durante los últimos 20 años. Los datos operativos y los datos del anemómetro de la góndola se utilizan como base para este cálculo. Si no hay cifras disponibles de todo el período, se puede realizar una extrapolación a largo plazo utilizando otros conjuntos de datos, por ejemplo, datos de reanálisis. Si un aerogenerador se encuentra en un parque eólico con diferentes adiciones de capacidad, la intensidad de turbulencia se calcula para cada aerogenerador individual.

Los documentos técnicos necesarios para la evaluación de la extensión de vida útil incluyen el permiso de operación, la documentación relacionada con la construcción y la puesta en marcha del aerogenerador, los datos de operación y rendimiento, el cableado y los diagramas hidráulicos, además de los informes de mantenimiento, reparación e inspección. Además, se requiere un informe técnico que documente las condiciones de las palas durante el último año de operación. Sin embargo, a menudo ocurre que la documentación técnica está incompleta. En caso de falta de certificados y documentos técnicos, generalmente se pueden obtener del fabricante. En caso de que el fabricante ya no esté disponible, se pueden utilizar evaluaciones basadas en la experiencia previa, o comparaciones con otros aerogeneradores para cerrar las brechas de conocimiento.

Durante la parte analítica de la evaluación, se evalúan los datos meteorológicos y de rendimiento, así como los documentos técnicos, informes de mantenimiento y reparación. Las tensiones y cargas reales que soporta el aerogenerador se comparan con aquellas para las cuales se diseñó. Las tensiones y las cargas se simulan utilizando métodos basados en software, que comparan las condiciones históricas de viento con las condiciones de viento de diseño. Los resultados de la inspección física también se incluyen en estos cálculos. Luego se elabora una declaración que resalta las medidas inmediatas requeridas y establece el tiempo restante hasta alcanzar los límites de diseño.

También durante la inspección in situ, se examina el aerogenerador en busca de debilidades y defectos específicos. Se evalúan las condiciones de los elementos principales del aerogenerador: pala, multiplicadora, estructura soporte y cimentación. Todas las piezas relevantes para la carga y la seguridad se inspeccionan para detectar signos de corrosión, grietas visibles y ruidos inusuales en la multiplicadora u otros conjuntos de engranajes y cojinetes. Además, se lleva a cabo una investigación para detectar debilidades o defectos asociados con un tipo particular de aerogenerador. Los cambios en el entorno de un parque eólico desde su puesta en servicio también deben documentarse y tenerse en cuenta en los cálculos de turbulencia eólica.

La detección de daños significativos, que comprometan la seguridad de la operación ampliada, conduciría a la recomendación del apagado inmediato del aerogenerador. Si ese fuera el caso, habría que tomar una decisión con respecto a los costes financieros de reemplazar o reparar los componentes defectuosos.

Sin embargo, en la mayoría de los casos, los fallas identificados son relativamente pequeños y causados por fatiga del material. La experiencia previa muestra que la estructura soporte del aerogenerador a menudo está libre de daños significativos, ya que las condiciones de viento en el sitio pueden haber llevado a cargas más bajas de lo estimado originalmente. Como resultado, se puede extender con éxito la vida útil de los aerogeneradores después de completar algunas reparaciones menores. Los resultados de una evaluación de extensión de vida también se pueden usar para optimizar los costes de mantenimiento durante la vida útil restante del aerogenerador.

If a wind turbine is located in a wind farm with a variety of capacity additions, turbulence intensity is calculated for each individual machine.

The technical documents required for the lifetime extension assessment include the operating permit; documentation relating to the construction and commissioning of the wind turbine; operating and yield data; wiring and hydraulic diagrams; in addition to maintenance, repair and inspection reports. A technical report documenting the condition of the rotor blades during the last year of operation is also required. However, technical documentation is often found to be incomplete. Should certificates and technical documents be missing, they can usually be obtained from the manufacturer. In the case that the manufacturer is no longer available, assessments based on previous experience or comparisons with other wind turbines may be used to bridge the knowledge gaps.

During the analytical part of the assessment, weather and performance data, as well as technical documents, maintenance and repair reports, are evaluated. The actual stresses and loads faced by a wind turbine are compared with the stresses and loads for which the wind turbine was designed. Stresses and loads are simulated using software-based methods, comparing historical wind conditions with design wind conditions. The results of the physical inspection are also included in these calculations. A statement is then produced highlighting any immediate measures required and stating the remaining time until design limits are reached.

Also during the on-site inspection, the wind turbine is examined for specific weaknesses and defects. The conditions of the main elements of the wind turbine – the rotor blade, gearbox, supporting structure and foundation – are all assessed. All load-bearing and safety-relevant parts are inspected for signs of corrosion, visible cracks and unusual noises in the gearbox or other gear and bearing assemblies. Moreover, an investigation is carried out for weaknesses or flaws associated with a particular type of wind turbine. Changes in the surrounding environment of a wind farm since its commissioning must also be documented and taken into account in wind turbulence calculations.

Detecting significant damage that compromises the safety of continued operation would result in a recommendation to immediately shutdown the wind turbine. In this event, a decision would have to be made regarding the financial costs of replacing or repairing the faulty components.

In most cases, however, the faults identified are relatively small and caused by material fatigue. Previous experience shows that the supporting structure of the wind turbine is often free from significant damage, as wind conditions at the site may have led to lower loads than originally estimated. As a result, the lifetime of wind turbines can be successfully extended following completion of some minor repairs. The results of a lifetime extension assessment can also be used to optimise maintenance costs throughout the remaining life of the wind turbine.



Christian Schumacher & Florian Weber
TÜV SÜD Industrie Service GmbH