

Gearbox Protection Concept for Wind Turbine Generator Systems

How can Undesirable Gearbox and Bearing Loads be Prevented?



Getriebeschutzkonzept bei Windenergieanlagen:
Wie können unerwünschte Getriebe- und Lagerlasten verhindert werden?

T. Korzeniewski; Head of Mechanical Engineering &
Project Manager PowerWind 90, PowerWind GmbH

EXTERNAL ARTICLE

ENGLISH - DEUTSCH

Introduction

The subject of gearbox technology has been one of the main fields of research in the continuing development of wind turbine generator systems for a long time. In the process, gearbox development has followed various trends. At first, the wind industry's growing influence on the modification of existing industrial gearboxes led to reductions in component weight and construction space. An increase in the number of damage claims and many years of operating experience led to a return to a more conservative gearbox design – the main focus was shifted to the safety factors applied.

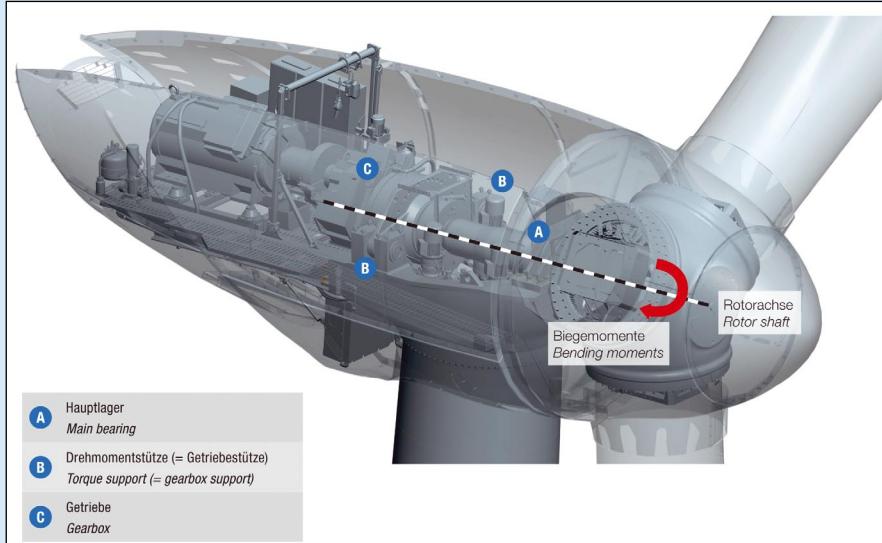
One logical step in the development process was to critically examine the loads that actually come into play in the gearbox as well as increase the accuracy of load determination. The load emanating from the rotor, which changes direction rapidly, the "soft gearbox support" consisting of main frame and tower as well as the short but intense load fluctuations, which are fed in via the generator on the grid side, have been identified as significant and typical loads acting on wind turbine gearboxes. The following findings formed the basis of modern gearbox research: in addition to adjustments to the gearbox design, today's research is

Einleitung

Das Thema Getriebetechnik ist seit langem einer der zentralen Forschungsbereiche bei der Weiterentwicklung von Windenergieanlagen. Die Getriebeentwicklung folgte dabei verschiedenen Trends. Der steigende Einfluss der Windindustrie auf die Modifizierung bestehender Industriegetriebe führte zunächst zu Gewichts- und Bauraumreduzierungen. Ein Anstieg von Schadensfällen und jahrelange Betriebserfahrungen führten anschließend wieder zur konservativen Getriebeauslegung zurück – der Schwerpunkt verlagerte sich auf die angewendeten Sicherheitsfaktoren.

Ein logischer Entwicklungsschritt war die kritische Auseinandersetzung mit den tatsächlich im Getriebe wirkenden Lasten und die Erhöhung der Genauigkeit bei deren Bestimmung. Die schnell richtungsändernde Belastung aus dem Rotor, das „weiche Getriebefundament“ bestehend aus Grundrahmen und Turm, sowie die kurzen, aber heftigen Lastschwankungen, die netzseitig über den Generator eingeleitet werden, wurden als signifikante und typische Belastungen für Windenergiegetriebe identifiziert. Auf diesen Erkenntnissen baute die moderne Getriebeforschung auf: Um die identifizierten Lasten auszugleichen, werden heute neben konstruktiven Anpassungen an den Getriebe-

Fig. 1: Traditional three-point bearing of a wind turbine drive train
Abb.1: Traditionelle 3-Punkt-Lagerung eines WEA-Triebstranges



also concerned with rigidity-increasing measures such as reinforcements or high-strength materials to compensate for the loads identified [1]. However, new and more robust materials for gearbox components and an improved load transmission in the gearbox [2] are only one small part of modification. There remains the critical question of whether gearbox developers can single-handedly find the solution to the problem of a wind turbine's complex load behaviour by reacting to potential loads.

A new Gearbox and Bearing Protection Concept

A broad understanding of when and how different loads act on wind turbine generator systems also enables today's wind turbine design engineers to optimise the complete drive train design in such a way that the impact on the gearbox can be minimized. Load application to the gearbox can be improved by solely structural means.

The engineers at PowerWind chose this approach for the development of the new PowerWind 90 2.5 megawatt wind turbine. The problem of reducing wind-turbine-specific load events has been consistently considered from the manufacturer's point of view, namely: how can the turbine design contribute to preventing or reducing the load events in question?

Based on the latest research results and many years of experience in the sector, the PowerWind engineers succeeded in developing a new gearbox and bearing protection concept by using modern simulation methods such as multi-body simulations and non-linear calculations of complete drive trains via the finite element method (FEM).

The main focus was placed on main frame optimisation and on improvements to the gearbox support. The following essential sub-goals have been pursued:

- Keeping primary gearbox loads under control
- Reduction in secondary gearbox loads
- Improved load-bearing characteristics of the main frame

konzepten auch festigkeitserhöhende Maßnahmen wie Versteifungen oder hochfeste Materialien untersucht [1]. Doch neue, stabilere Materialien für Getriebekomponenten und eine verbesserte Lastübertragung im Getriebe [2] sind nur eine Stellschraube. Es bleibt die kritische Fragestellung, ob allein Getriebeentwickler durch Reaktion auf mögliche Lasten die Lösung für das komplexe Lastverhalten einer Windenergieanlage finden können.

Ein neues Getriebe- und Lagerschutzkonzept

Ein umfassendes Verständnis darüber, welche Lasten wann und wie auf die Windenergieanlage einwirken, ermöglicht heute auch den Konstrukteuren von Windenergieanlagen, das gesamte Triebstrangdesign so zu optimieren, dass die Auswirkungen auf das Getriebe minimiert werden können. Auf rein konstruktivem Wege kann die Lasteinleitung in das Getriebe verbessert werden.

Diesen Ansatz wählten die Konstrukteure von PowerWind bei der Entwicklung der neuen 2,5-Megawatt Windenergieanlage PowerWind 90. Die Fragestellung nach der Reduktion der für Windenergieanlagen typischen Lastereignisse wurde konsequent aus dem Blickwinkel des Herstellers betrachtet: Wie können die bekannten Lastereignisse durch das Anlagenkonzept vermieden beziehungsweise reduziert werden?

Aufbauend auf aktuellen Forschungsergebnissen und langjährigen Branchenerfahrungen gelang es den PowerWind-Ingenieuren durch den Einsatz moderner Simulationsmethoden, beispielsweise Mehr-Körper-Simulationen und nichtlineare Berechnungen kompletter Triebstränge mittels der Finite-Elemente-Methode (FEM), ein neues Getriebe- und Lagerschutzkonzept zu entwickeln.

Das Hauptaugenmerk lag dabei auf der Optimierung des Grundrahmens und Verbesserungen bei der Lagerung des Getriebes. Folgende wesentlichen Teilziele wurden verfolgt:

- Beherrschung der primären Getriebelasten
- Reduktion der sekundären Getriebelasten
- Verbessertes Tragverhalten des Grundrahmens

CAREER OPPORTUNITIES

DEWI GmbH – Deutsches Windenergie-Institut is an expanding international wind energy consulting and research company. With offices in Germany, France, Spain, Italy, Canada, China and Brazil, DEWI is a highly valued partner for national and international clients in the areas of site assessment, measurement of wind turbines, grid integration, Due Diligence as well as research and studies.

Manager (m./f.) - DEWI France

Your responsibilities:

- Management of the company in France
- Acquisition and project management

Your profile:

- Several years experience in wind farm planning and managing a business.
- Engineering degree and fluency in French and English, both spoken and written
- Other languages, such as German or Spanish, are an advantage
- Confident, professional and convincing in negotiations with customers
- Able to work independently, showing initiative and interest/facility in acquiring new knowledge
- Excellent team player
- Knowledge of computer programs and MS Office applications essential
- Willingness to travel (domestic and international).

Keyword: Manager - DEWI France

Micrositing Specialist (m/f) - DEWI ITALIA

for Energy Yield and Wind Resource Assessment

Your responsibilities:

- Project management
- Conducting energy yield assessments of wind farms in Italy and abroad
- Involvement in comprehensive project reviews
- Ability to report in writing the performed analysis and calculations
- Collaboration in research projects

Your profile:

- EU citizen with a degree in engineering, physics, meteorology or environmental science
- Ability to work independently and effectively as well as being an excellent team player
- Pleasant manners and good communication skills in dealing with clients
- Ability to speak and write Italian and English fluently, other languages are an advantage
- Professional experiences in the wind energy business, preferably in energy yield assessments
- Experience with meteorological mesoscale models are an advantage
- Willingness to travel to the wind farm sites (domestic & international)

Keyword: Micrositing Italy

If you are interested in one of these versatile and challenging positions, please send your application with the keyword, full CV, salary claim and earliest date of entry to:

DEWI GmbH
Tiziana Dahm
Ebertstrasse 96, D 26382 Wilhelmshaven, Germany

or by email jobs@dewi.de

Manager (m./f.) - DEWI do Brasil

Your responsibilities:

- Managing the company in Brazil
- Acquisition and project management

Your profile:

- Brazilian citizen with experience in wind energy and managing a business
- Engineering degree and fluency in English, both spoken and written
- Other languages, such as German or Spanish, are an advantage
- Confident, professional and convincing in negotiations with customers
- Able to work independently, showing initiative and interest/facility in acquiring new knowledge
- Knowledge of computer programs and MS Office applications essential
- Willingness to travel (domestic and international).

Keyword: Manager - DEWI do Brasil

Engineers (m/f) - DEWI do Brasil

for Wind and Power Curve Measurements

Your responsibilities:

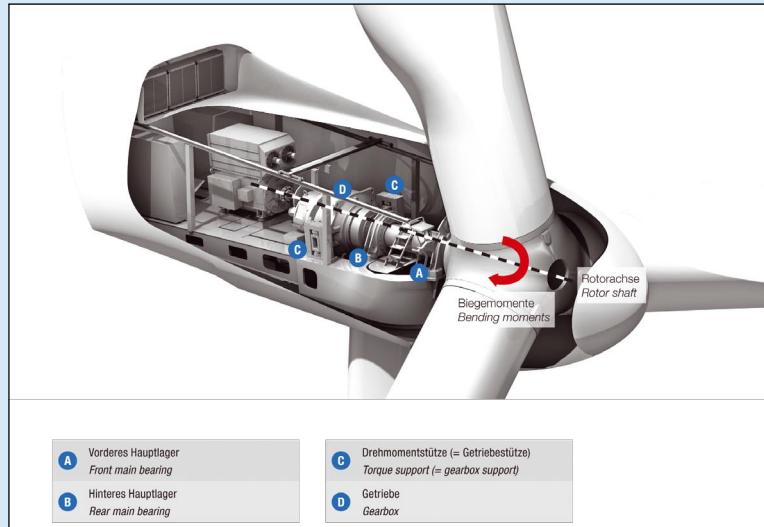
- Project management
- Installation and commissioning of measurement systems
- Conducting wind and power performance measurements in Brazil and abroad
- Evaluation of measurement data and writing of reports for the services performed
- Participation in the development of methods within the subject area

Your profile:

- Brazilian citizen with a university degree in engineering or physics
- Ability to work independently and effectively as well as being an excellent team player
- Pleasant manners and good communication skills in dealing with clients
- Ability to speak and write English fluently, other languages are an advantage
- Professional experiences in wind energy are an advantage
- Background knowledge of metrology
- Programming knowledge of a procedural language
- Willingness to travel to the sites of the wind energy projects (domestic and international)

Keyword: Power Curve Measurement Brasil

Fig. 2: So-called four-point bearing with additional second main bearing
Abb. 2: Sogenannte 4-Punkt-Lagerung mit einem zusätzlichen zweiten Hauptlager



Keeping Primary Gearbox Loads Under Control

Primary loads are defined as loads that directly affect the wind turbine generator system through the wind power transmitted via the rotor. Rotor loads must be transferred into the tower and eventually to the foundation – whether via a traditional concept consisting of main shaft and main bearing or directly via the gearbox. In addition to the torsional torque required for energy production, wind power permanently generates direction-changing bending moments and shear forces that the wind turbine generator system must absorb and withstand. These unwanted loads are many times higher than the torque used for energy generation.

For many years, the Allianz Center for Technology has been using its regular “expert days” to deal with the types of load and damage affecting wind turbine gearboxes [3] [4]. In the context of these expert days, it was the findings about the commonly used three-point-bearing (Fig. 1) of drive trains in particular that have been outlined.

The main rotor bearing and the two torque arm bearings serve to absorb the rotor loads. Prior to load transfer into the torque arm bearings, the loads have to be transferred from the rotor shaft via the gearbox. The gearbox virtually serves as a second rotor shaft bearing. With this concept, the highly dynamic movements and deformations of the rotor shaft are transferred directly into the gearbox and are responsible for the gear-tooth system showing irregular and damaging load-bearing characteristics in case of deficient design and insufficient bearing clearance. To prevent this primary or direct load effect from compromising the gearbox, a second main bearing is used that ensures safe load support in the most effective way (Fig. 2).

Unlike older turbine designs with greater clearances between the gearbox and main bearing, the second main bearing of the PowerWind 90 has been positioned as close as possible to the main gearbox. Thus it is to absorb those rotor loads that would be directly transferred into the gearbox without a second main bearing. Since the second main bearing on the gearbox side is the fixed bearing in the static system of the drive train, axial loads are likewise

Beherrschung der primären Getriebelasten

Als primäre Lasten werden Lasten definiert, die unmittelbar durch die Windkraft über den Rotor auf die Windenergieanlage wirken. Ob über ein traditionelles Konzept mit Hauptwelle und -lager oder direkt über das Getriebe – die Rotorlasten müssen in den Turm und schließlich zum Fundament abgeleitet werden. Neben dem gewünschten Torsionsdrehmoment zur Energiegewinnung erzeugt Windkraft ständig richtungsändernde Biegemomente und Scherkräfte, die durch die Windenergieanlage aufgenommen und beherrscht werden müssen. Diese ungewollten Lasten betragen ein Vielfaches des zur Energiegewinnung genutzten Drehmomentes.

Bereits seit vielen Jahren befasst sich das Allianz Zentrum für Technik auf regelmäßigen Expertentagen mit Beanspruchung und Schäden in Windgetrieben [3] [4]. Dort wurden vor allem die Erkenntnisse über die weit verbreitete sogenannte 3-Punkt-Lagerung (Abb. 1) von Antriebssträngen zusammengefasst.

Das rotorseitige Hauptlager und die beiden Lager der Drehmomentstütze dienen zur Aufnahme der Rotorlasten. Bevor die Lasten in die Drehmomentstützenlager eingeleitet werden, müssen sie von der Rotorwelle über das Getriebe geführt werden. Das Getriebe dient sozusagen als zweites Rotorwellenlager. Die genannten, hochdynamischen Bewegungen und Verformungen der Rotorwelle werden bei diesem Konzept direkt in das Getriebe übertragen und sorgen, bei unzureichender Auslegung und Lagerspiel, für ein ungleichmäßiges und schädigendes Tragverhalten der Zahnräder. Um diese primäre beziehungsweise direkte Lasteinwirkung auf das Getriebe zu vermeiden, wird ein zweites Hauptlager eingesetzt, welches auf effektivste Weise eine sichere Lastaufnahme gewährleistet (Abb. 2).

Im Unterschied zu älteren Anlagekonzepten, die größere Abstände zwischen Getriebe und Hauptlager vorsehen, wurde das zweite Hauptlager der PowerWind 90 möglichst nahe am Hauptgetriebe positioniert. So soll es die Rotorlasten aufnehmen, die ohne zweite Hauptlagerung direkt ins Getriebe eingeleitet würden. Da das zweite, getriebeseitige Hauptlager das Festlager im statischen System des Trieb-

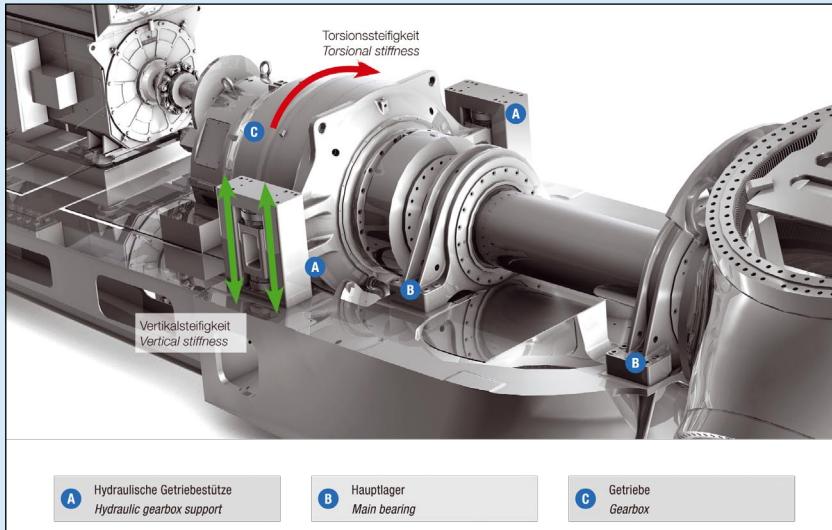


Fig. 3: Hydraulic gearbox support
Abb. 3: Hydraulische Getriebestütze

absorbed directly before reaching the gearbox. This way, constraint forces arising due to thermal expansion of the rotor shaft, for example, can be prevented from affecting the gearbox.

When compared with integrated drive trains functioning without a rotor shaft, this concept also offers mechanical advantages. In the case of integrated drive trains, the gearbox input shaft serves as rotor bearing at the same time. This can only be accomplished by means of complex pre-stressed taper roller bearings or three-row roller slewing rings. In addition, the gearbox housing has to absorb the greater part of the rotor loads. The double-main-bearing concept described earlier uses established spherical roller bearings that render constraint forces in the main bearing area impossible due to their rotatability.

Reduction in Secondary Gearbox Loads

The introduction of a fourth support point results in a statically undefined drive train system. In a statically undefined system, loads are distributed according to the system stiffnesses. Stiff areas "attract" loads, soft areas "withdraw" from the load. This also holds true for drive trains of wind turbine generator systems. Therefore, on the one hand, unwanted constraint forces or deformation strains, subsumed here as secondary loads, must be avoided at the gearbox input shaft. On the other hand, the desired bearing loads must be provided for in each case by means of stiffness adjustments at the bearings. To ensure both, the PowerWind 90 is provided with a hydraulic gearbox support [5]. (Fig. 3)

An essential feature of the hydraulic bearing is the option to set different bearing stiffnesses for bearing movements in the vertical and torsional direction. Thus, compared to the torsional stiffness required for torque transmission, vertical stiffness can be adjusted to be more flexible. Increased flexibility of the vertical stiffness due to adjustment leads to the gearbox avoiding unwanted constraint forces. It virtually follows the minimal movements of the rotor shaft end. At the same time, the primary rotor loads are transferred to the main bearings, because the gearbox

stranges darstellt, werden auch die Axiallasten unmittelbar vor dem Getriebe aufgenommen. So können beispielsweise Zwangskräfte, die infolge thermischer Dehnung der Rotorwelle entstehen, vom Getriebe abgehalten werden. Dieses Konzept bietet auch im Vergleich zu integrierten Antriebssträngen, die ohne Rotorwelle auskommen, mechanische Vorteile: Bei integrierten Triebsträngen ist der Getriebeeingang zugleich das Rotorlager. Dies lässt sich nur durch aufwändige vorgespannte Kegelrollenlager oder dreireihige Kugeldrehverbindungen realisieren. Zudem muss das Getriebegehäuse einen Großteil der Rotorlasten aufnehmen. Im vorliegenden doppelten Hauptlagerkonzept werden bewährte Pendelrollenlager eingesetzt, die durch ihre Rotationsfähigkeit keine Zwangslasten im Hauptlagerbereich zulassen.

Reduktion der sekundären Getriebelasten

Die Einführung eines vierten Lagerpunktes führt zu einem statisch unbestimmten System des Triebstranges. In einem statisch unbestimmten System verteilen sich die Lasten entsprechend der Systemsteifigkeiten. Steife Bereiche „ziehen“ Lasten an, weiche Bereiche „entziehen“ sich der Last. Dies gilt auch für Triebstränge von Windenergieanlagen. Deshalb müssen einerseits ungewollte Zwangslasten beziehungsweise Verformungbelastungen, hier als sekundäre Lasten zusammengefasst, am Getriebeeingang vermieden werden. Andererseits müssen die jeweils gewünschten Lagerlasten durch Steifigkeitseinstellungen der Lager ermöglicht werden. Um beides zu gewährleisten wird in der PowerWind 90 eine hydraulische Getriebestütze eingesetzt [5]. (Abb. 3)

Ein wesentliches Merkmal der hydraulischen Lagerung ist, dass sich nach Bedarf unterschiedliche Lagersteifigkeiten für die Lagerbewegung in vertikaler Richtung und in Torsionsrichtung einstellen lassen. So kann die Vertikalsteifigkeit gegenüber der zur Drehmomentübertragung erforderlichen Torsionssteifigkeit weich eingestellt werden. Durch eine weichere Einstellung der Vertikalsteifigkeit weicht das Getriebe ungewollten Zwangskräften aus, es folgt quasi den sehr geringen Bewegungen des Rotorwel-

Fig. 4: Deformations in the main frame with open cross-section due to unsymmetrical rotor load
Abb. 4: Verformungen im Grundrahmen mit offenem Querschnitt infolge unsymmetrischer Rotorlast

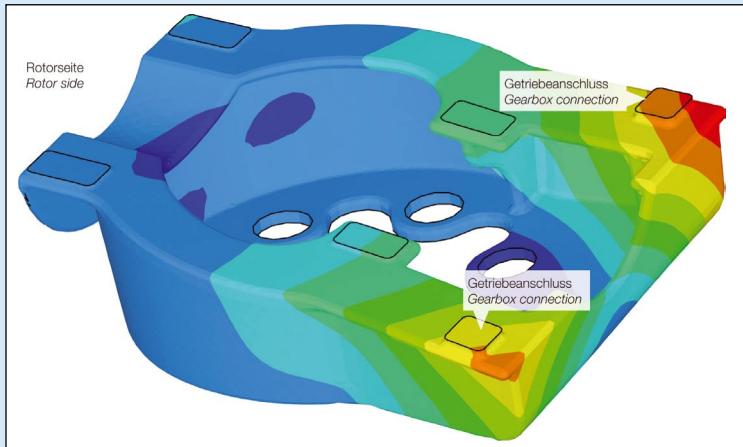


Fig. 5: Deformations in the main frame with closed cross-section due to unsymmetrical rotor load
Abb. 5: Verformungen im Grundrahmen mit geschlossenem Querschnitt infolge unsymmetrischer Rotorlast

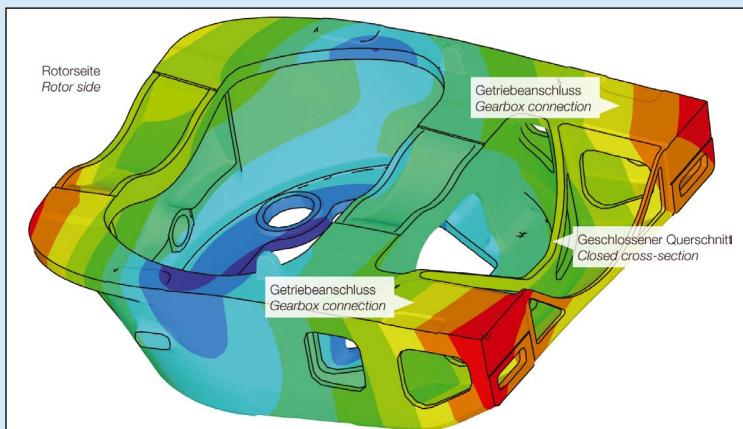


Fig. 6: Load distribution in the yaw bearing for open (left) and closed (right) main frame
Abb. 6: Lastverteilung im Azimutlager beim offenen (links) und geschlossenen (rechts) Grundrahmen

bearing is substantially more flexible compared to the main bearings.

In addition to the rotor loads, constraint loads coming from the main frame can affect the gearbox as a result of deformation movements of the main frame. Due to the hydraulic bearing, the gearbox avoids these secondary loads as well.

Improved Load-bearing Characteristics of the Main Frame

The problem of main frames that are too flexible and therefore negatively affect gearboxes and bearings has been discussed in the latest status reports regarding wind energy technology [6]. To structurally improve the main frame's deformation characteristics, PowerWind has further devel-

lenedes. Gleichzeitig werden die primären Rotorlasten an die Hauptlager geleitet, da das Getriebelager verglichen mit den Hauptlagern erheblich weicher ist. Neben den Rotorlasten können Zwangsbelastungen vom Grundrahmen infolge von Verformungsbewegungen des Grundrahmens auf das Getriebe einwirken. Auch diesen Sekundärlasten weicht das Getriebe durch die hydraulische Lagerung aus.

Verbessertes Tragverhalten des Grundrahmens

Das Problem zu weicher Grundrahmen, die negativ auf Getriebe und Lager wirken, wurde in aktuellen Statusberichten zur Windenergietechnik angesprochen [6]. Um das Verformungsverhalten des Grundrahmens konstruktiv zu

oped the main frame's spatial load-bearing characteristics. Up to now, main frames of wind turbine generator systems featured an open design towards the generator support connection. As for the PowerWind 90, for the first time the principle of a closed top section has been introduced. The basic idea was to extend the tower's tubular cross-section to the cast main frame, the tubular cross-section being optimal regarding stiffness and material use. The closed cross-section was to be realised despite the need for space required for component assembly. The reason: compared to open cross-sections (Fig. 4), the stiffness of closed cross-sections (with the same wall thicknesses and diameters) is considerably higher. A higher stiffness of the main frame, which is the most important component with regard to the absorption of wind loads, turns out to be a huge advantage.

The "closure" of the cross-section of the main frame has been established by means of a circular lattice support that forms an extension of the tower cross-section together with the main frame wall. The connection of the rear main bearing connection points increases the desired effect. Thus, by keeping the same component dimensions and the same weight, the deformations damaging gearbox and bearings have been significantly reduced and the stress distribution in the component was able to be designed to be more uniform (Fig. 5).

During the development process, attention had to be paid so that the main frame was not distorted and that both gearbox connection points were not subject to a deformation relative to each other. Despite an unsymmetrical load

verbessern, hat PowerWind dessen räumliches Tragverhalten weiterentwickelt.

Waren Grundrahmen von Windenergieanlagen bisher in Richtung des Generatorträgeranschlusses geöffnet, wird bei der PowerWind 90 erstmals das Prinzip eines geschlossenen Querschnitts verwendet. Die Grundidee war, den bezüglich Steifigkeit und Materialeinsatz optimalen Rohrquerschnitt des Turmessauch beim gegossenen Grundrahmen fortzusetzen. Die Schließung des Querschnitts sollte trotz des Raumbedarfs, der für die Montage der Komponenten notwendig ist, umgesetzt werden. Der Grund: Die Steifigkeit geschlossener Querschnitte ist im Vergleich zu offenen Querschnitten (Abb. 4) – bei ansonsten gleichen Wanddicken und Durchmessern – um ein Vielfaches höher. Die höhere Steifigkeit erweist sich beim Grundrahmen, der wichtigsten Komponente zur Aufnahme von Windlasten, als großer Vorteil.

Das „Schließen“ des Querschnitts erfolgte im vorliegenden Grundrahmen mit einer kreisförmigen Fachwerkverstrebung, die gemeinsam mit der Grundrahmenwandung eine Fortsetzung des Turmquerschnitts bildet. Die Verbindung der Anschlüsse des hinteren Hauptlagers verstärkte den verfolgten Effekt. Bei gleichbleibender Bauteilabmessungen und gleichem Gewicht wurden so die getriebe- und lager-schädigenden Verformungen deutlich reduziert und der Spannungsverlauf im Bauteil konnte gleichmäßiger gestaltet werden (Abb. 5).

Bei der Entwicklung war darauf zu achten, dass sich der Grundrahmen nicht verzindet und die beiden Getriebbeanschlussstellen keine Relativverformung zueinander erfahren. Trotz unsymmetrischer Lasteinleitung aus dem Rotor, ist der Verformungsverlauf auf linker und rechter Seite des Grundrahmens sehr gleichmäßig und verteilt sich symmetrisch über den Grundrahmen (Abb. 5). Insgesamt ist die Verformung im gesamten Grundrahmen sehr ausgewogen, so dass z.B. auch keine großen Verformungsunterschiede zwischen dem vorderen und hinteren Bereich des Grundrahmens entstehen.

Dadurch wird ein weiterer wesentlicher Vorteil erzielt: Neben der Reduktion der Relativverformungen am Getriebbeanschluss wird eine gleichmäßige Belastung des Azimutlagers erreicht. Die Lagerhersteller erhalten ihre zur Lagerauslegung erforderlichen Lasten üblicherweise von den Windenergieanlagenherstellern. Wird die Verteilung der Extrem- und Betriebslasten über den Lagerumfang nicht angegeben, gehen die Lagerhersteller von einer gleichmäßigen, sinusförmigen Lastverteilung aus. Verformungsempfindliche Grundrahmen geben die Lasten aufgrund lokaler Verformungen jedoch nicht gleichmäßig an die Turmlagerstelle ab. Während sich in der Wandung eines Stahlrohrturmes tatsächlich ein sinusförmiger Verlauf der Spannungstrajektorien infolge des Biegemoments einstellt, verhält sich ein offener Grundrahmen qualitativ wie ein massiver, jedoch geschlitzter Rohrquerschnitt. Er verliert, relativ gesehen, seine Form und leitet in den Bereichen großer Nachgiebigkeit lokale Lastspitzen in das Turmlager ein. Diese Bereiche erfahren so in der Realität eine deutlich höhere Belastung als theoretisch angenommen, während der restliche Lagerbereich weniger Belastung sieht. Diese ungewollten und schwer definierbaren Lasterhöhungen am Azimutlager können schnell zu schadensverursachenden



Vector Instruments

A100 SERIES ANEMOMETERS

- First Choice for First Class Wind Speed Sensors

- ACCURATE**
Proven "First Class" instrument for SUPERIOR PERFORMANCE IN THE FIELD (not just in wind tunnels)
- CALIBRATED**
Available calibrations: MEASNET, NIST traceable, ASTM D-5096-02, ISO 17713-1 IEC 61400-12-1
- ROBUST**
Anodised Aluminium & Stainless Steel
- RELIABLE**
Over 35 years experience in the field
- HEATED**
Anti-Icing Options
- WINDVANES**
Wind Direction Sensors also available



www.windspeed.co.uk Tel: +44 1745 350700
sales@windspeed.co.uk Fax: +44 1745 344206
 115 Marsh Road, RHYL, N. Wales, LL18 2AB, United Kingdom

application emanating from the rotor, the deformation distribution on the left and on the right side of the main frame is very regular and is distributed symmetrically on the main frame (Fig. 5). Altogether, the deformation is very balanced across the whole main frame so that there are no striking deformation differences between the front and back area of the main frame, for example.

Thus, there is another essential benefit: Besides the reduction of the relative deformation at the gearbox connection, a uniform loading of the yaw bearing can be reached. Usually, wind turbine manufacturers provide bearing manufacturers with the loads required for their bearing design. If bearing manufacturers do not obtain information about the distribution of extreme and operational loads over the bearing surface, they use a regular sinusoidal load distribution. However, deformation-sensitive main frames do not distribute the loads uniformly over the tower bearing surface due to local deformations. Whilst there actually is a sinusoid distribution of the stress trajectories in the walls of the tubular steel tower due to the bending moment, an open main frame qualitatively behaves like a massive but slotted tubular cross-section. It loses its shape, comparatively speaking, and transfers local load peaks into the tower bearing at areas of great flexibility. In fact, these areas are therefore subject to a load which is significantly higher than theoretically assumed, whilst the rest of the bearing area is stressed less. These unwanted load increases at the yaw bearing that are difficult to define can quickly lead to initial damage that often turns out to be the beginning of bearing damage. Due to its dimensional stability, a closed main frame transfers the loads into the tower bearing in a significantly better way and therefore preserves the bearing (Fig. 6).

Summary of the Results

Improved gearbox concepts and more solid materials are only one modification option for better load transmission in the gearbox. A comprehensive understanding about when and which loads affect the wind turbine generator system enables engineers of wind turbines to minimise the load application to the gearbox by optimising the drive train design. Due to the use of modern simulation tools, the engineers at PowerWind succeeded in developing an advanced gearbox and bearing protection concept for the PowerWind 90 2.5 megawatt turbine that substantially prolongs the gearbox service life and therefore leads to significantly higher turbine reliability as well as to a noticeable reduction in total operating costs. It consists of a second main bearing close to the gearbox for the control of primary rotor loads, a hydraulic gearbox support bearing for the reduction of secondary loads and a torsion-resistant main frame serving as a structural contribution to gearbox load reduction. In addition to the reduction of the gearbox loads, an improved load application to the yaw bearing could be established. A modern electrotechnical concept with full-scale converter completes the mechanical gearbox protection. Unlike partial-scale converters, a full-scale converter completely decouples the drive train from the electrical grid and therefore prevents the gearbox from being affected by interference from the grid.

Initialschäden führen, die oftmals den Beginn eines Lagerschadens darstellen. Ein geschlossener Grundrahmen leitet nun aufgrund seiner Formstabilität die Lasten in deutlich verbesserter Weise in das Turmlager ein und schont so das Lager (Abb. 6).

Zusammenfassung der Ergebnisse

Verbesserte Getriebekonzepte und härtere Materialien sind nur eine Stellschraube für eine bessere Lastübertragung im Getriebe. Ein umfassendes Verständnis, welche Lasten wann und wie auf die Windenergieanlage einwirken, ermöglicht den Konstrukteuren von Windenergieanlagen, die Lasteinleitung in das Getriebe durch Optimierung des Triebstrangdesigns zu minimieren. Durch den Einsatz moderner Simulationsmethoden gelang es den Ingenieuren von PowerWind für die 2,5-Megawatt-Windenergieanlage PowerWind 90 ein fortschrittliches Getriebe- und Lagerschutzkonzept zu entwickeln, das die Getriebelebensdauer maßgeblich verlängert und damit zu einer deutlichen höheren Anlagen-Zuverlässigkeit und einer spürbaren Reduktion der Gesamtbetriebskosten führt. Es besteht aus einem getriebenen, zweiten Hauptlager zur Beherrschung der primären Rotorlasten, einer hydraulischen Getriebestützenlagerung zur Reduktion der sekundären Lasten und einem verwindungssteifen Grundrahmen als konstruktiven Beitrag zur Getriebeentlastung. Neben der Reduktion der Getriebelasten konnte so auch eine verbesserte Lasteinleitung ins Azimutlager erzielt werden. Vervollständigt wird der mechanische Getriebeschutz durch ein modernes elektrotechnisches Konzept mit Vollumrichter. Im Gegensatz zum Teilumrichter entkoppelt der Vollumrichter den Triebstrang vollständig vom elektrischen Netz und verhindert so netzseitige Einwirkungen auf das Getriebe.

Literatur / References:

- [1] Bozzolo, A. (2009); EWEC 2009 Marseille, Wind Turbine Gear Drive-Trains based on New Materials and Novel Gear Systems, D'Appolonia S.p.A.
- [2] Crowther, A. R. (2009); EWEC 2009 Marseille, The Impact of Gearbox Housing and Planet Carrier Flexibility on Wind Turbine Gearbox Durability, Romax Technology Limited
- [3] Bauer, E. (2001); Allianz Report 2/2001 Windenergieanlagen Schadenbetrachtungen, Allianz Zentrum für Technik GmbH
- [4] Gellermann, T.; Collins M. (2009); 11. AZT Expertentage 2009, Schwingungsmessung in der Schadensanalyse und Maschinendiagonale – Anwendung bei Wasser- und Windenergieanlagen, Allianz Zentrum für Technik GmbH
- [5] Mitsch, F. (2009), ESM Energie- und Schwingungstechnik Mitsch GmbH
- [6] Molly, J. P. (2009); Wind Energy – Quo Vadis?, DEWI Magazin no. 34, Feb. 2009

Technology that works



Always one step ahead with the combination of the best qualities

As an independent manufacturer SINOI is a strong and reliable partner in rotor blades, mould production and in the transfer of state of the art technology.

For SINOI, 'Made in Germany' means the highest quality standards with proven quality management. With over 10 years of experience, highly qualified employees and its own training centre, SINOI's services range from individual customer solutions through the construction and development of prototypes, to the production of an extensive individual product range with rotor blades up to 5.0 MW.

With the CNBM Group as a financially strong partner, SINOI is Asia's leading producer of rotor blades. SINOI is optimally represented in the target market in Europe and, what is more, competently accompanies its clients in new target markets.



SINOI GmbH · Kohnsteinbrücke 10 · D-99734 Nordhausen · Germany – a CNBM company
phone: +49 (0) 36331-90300 · fax: +49 (0) 36331-90333 · e-mail: info@sinoi.de
web: www.sinoi.de · www.lzfrp.com · www.cgc.com · www.cnbm.com.cn