

Prüfung von Windkraftanlagen

Luftspulen im Großformat

In den vergangenen 20 Jahren ist der Ausbau von Windkraftanlagen massiv vorangeschritten. Die immer größer werdenden Anlagen müssen dennoch auch verlässlich auf Betriebssicherheit und Vergleichbarkeit hin geprüft werden können. Dafür benötigt man entsprechende Prüfkomponenten.

Die reale Prüfung von Windkraftanlagen stellt hohe Anforderungen an das Prüfverfahren und das zum Einsatz kommende Prüfsystem, da hohe Mittelspannungen mit einer Leistung von mehreren Megawatt (MW) gemessen werden müssen. Dies als Dauertest im realen Betrieb umzusetzen ist jedoch nahezu unmöglich. Eine effektive Alternative bieten Kurzzeitprüfungen mit realen Daten.

Bei den elektrotechnischen Anforderungen, die an ein solches Prüfsystem gestellt werden, handelt es sich, entsprechend den zu prüfenden Windkraftanlagen, um hohe Spannungen von bis zu 36 kV bei gleichzeitig hohen Kurzzeitströmen von bis zu 3 000 A.

Der Bau von großen Luftspulen als Herausforderung

Die jahrzehntelange Expertise in der Entwicklung und Konstruktion von Sonderanfertigungen von Spulen, Drosseln und Transformatoren jeglicher Art und Größe kam der Bürkle + Schöck Transformatoren GmbH zugute. Denn dieses Kriterium gab letztendlich auch den Ausschlag für die Auftragsvergabe zur Entwicklung und zum Bau eines nahezu unter Realbedingungen laufenden Kurzzeitprüfverfahrens für Windkraftanlagen.

Für ein Projekt mit den oben genannten Spannungs- und Stromwerten ist der Einsatz von großdimensionierten Luftspulen von großem Vorteil, denn diese reinen Luftspu-

len kommen ohne ein großes und schweres Blechpaket aus. Nur so können kurzzeitig hohe Ströme über eine Luftspule geleitet werden. Diese verliert damit nicht ihre Nenninduktivität und das zur magnetischen Verstärkung üblicherweise verbaute Kernmaterial geht nicht in Sättigung.

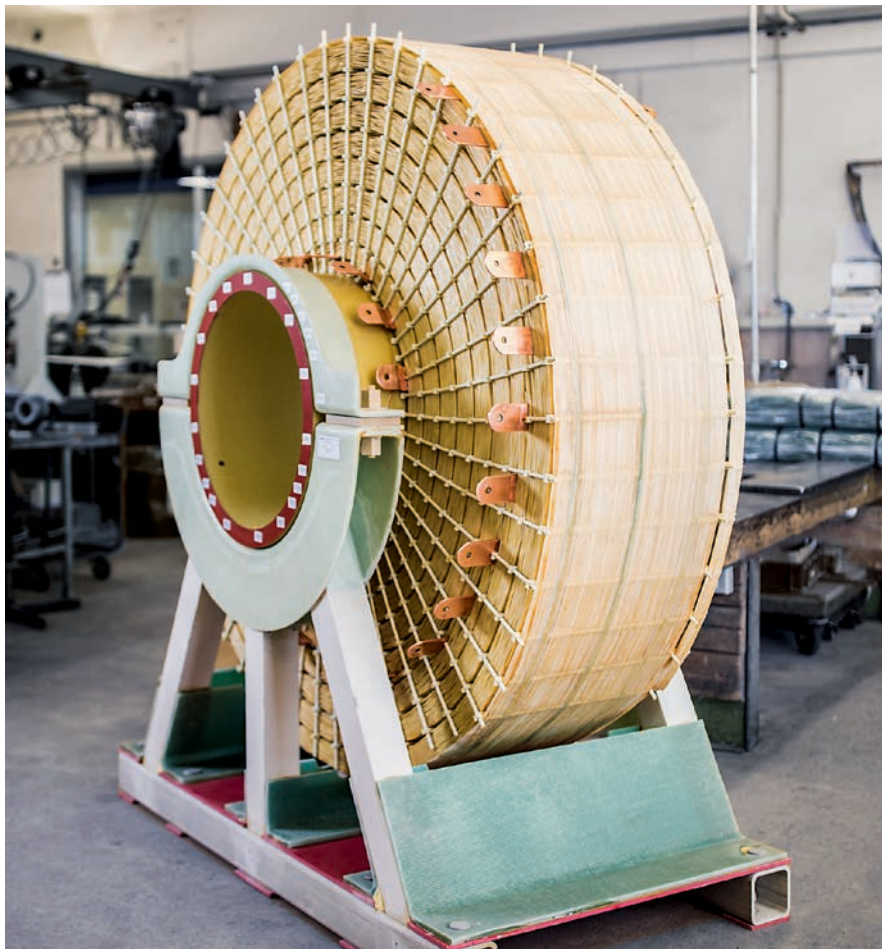
Der vermeintliche Nachteil von solchen Luftspulen, ihre Größe (Bild 1), kehrt sich bei genauer Betrachtung jedoch in einen entscheidenden Vorteil um. Die Spule hat konstruktionsbedingt mehr Windungen, weshalb sich die angelegte Betriebsspannung auf viele Windungen aufteilt, was wiederum zu einer geringeren Windungsspannung und somit zu einer höheren Durchschlagfestigkeit führt.

Die Wicklung der Luftspule selbst ist als Aluminium-Wicklung ausgeführt, um das Gewicht der Luftspule zu reduzieren – die Isolation wurde als Flächenisolation aus durchschlagfester Drei-Schicht-Folie ausgeführt. Bedingt durch die Größe der Spule sind die Isolationsabstände mehr als ausreichend und dadurch ist auch für einen sicheren Betrieb im Mittelspannungsbereich genügend Abstand in puncto Luft- und Kriechstrecken gewährleistet.

Die Fremdbelüftung sorgt für die thermische Überlastfähigkeit bei dieser Luftspulenkonstruktion. Zusätzlich ermöglichen zahlreiche Wicklungs-Anzapfungen, die bei der Konstruktion der Spulen berücksichtigt wurden, einen optimierten Prüfbetrieb vor Ort.

Um die physikalischen Kräfte, einerseits durch den Stromfluss von bis 3 kA und andererseits auch beim Transport, im Griff zu behalten, setzten die Entwickler auf glasfaserverstärktes Material für den Spulenkörper und den Spulenständer. Eine abschließende Tränkung der Spule mit Austrocknung des Harzes verbessert nicht nur die thermischen und mechanischen Eigenschaften der Spule selbst, sondern auch deren Umweltbeständigkeit. Alles in allem beträgt der Durchmesser einer solchen Luftspule ca. 1 800 mm, bei einem Gewicht von ca. 2,2 t.

Nach Fertigstellung der drei Luftspulen wurden diese als mobiles Prüfsystem in ei-



Quelle: alle Bilder Bürkle + Schöck KG

Bild 1: Konstruktionsbedingt bringt die Luftspule eine höhere Durchschlagfestigkeit mit sich

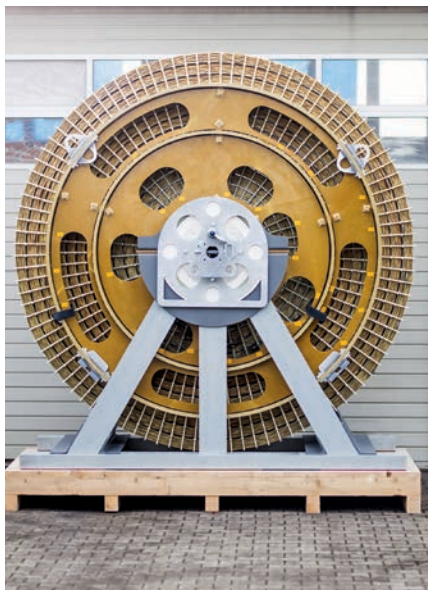


Bild 2: Eine der drei Luftspulen im XXL-Format

nem Standard-20-Fuß-Container verbaut. Für einen reibungslosen Betrieb mussten ausreichende Luft- und Kriechstrecken berücksichtigt werden, darüber hinaus galt es beim Einbau der Luftspulen in den Container, auch magnetische Abstände genau einzuhalten, um Rückwirkungen auf die Spulen auszuschließen.

Luftspulen im XXL-Format

Mit der Leistungszunahme moderner Windräder werden auch neue Anforderungen an die Prüfsysteme gestellt – konkret eine deutlich erhöhte Induktivität bei einer Betriebsspannung von 72kV und Strömen von bis zu 3kA. Bei der Berechnung und der Konstruktion dieser XXL-Luftspulen (**Bild 2**) stellten



Bild 3: Verladen der fertigen Luftspulen mittels Kran und Tieflader

die elektrischen Eigenschaften, die internen Windungsspannungen sowie die internen Spannungsabstände keine großen Probleme dar. Hier konnte man auf die firmeninternen Erfahrungen beim Bau der ersten großdimensionierten Luftspulen zurückgreifen. So konnte die Grundkonstruktion angepasst als Basis für die XXL-Luftspulen dienen – im Gegensatz zu den »kleineren« Luftspulen wurden nun drei einzelne Teilspulen gewickelt und dann zu einer XXL-Luftspule zusammengebaut.

Die echte Herausforderung bestand jedoch in der mechanischen Festigkeit der Luftspulen, denn der in der Theorie ermittelte Durchmesser einer kompletten Luftspule liegt bei ca. 3000mm, bei einem Gesamtge-

wicht von ca. 6,8t. Bei solchen großen Dimensionen sind die physikalischen Kräfte durch den Stromfluss im laufenden Betrieb der Luftspule und bei deren Transport in besonderem Maße zu berücksichtigen. Auch hier setzten die Entwickler wieder auf glasfaserverstärktes Material für den Spulenkörper und den Spulenständer. Dieses Mal um den Faktor 3 größer als bisher.

Erfolgreicher Projektabschluss

Das Projekt XXL-Luftspulen konnte mit der Verladung der drei Luftspulen durch einen Schwerlastkran auf einen 40-Tonnen-Lkw (**Bild 3**) im vorgegebenen Zeitrahmen erfolgreich zum Abschluss gebracht werden. Alle Projektbeteiligten sind sich einig: Bürkle + Schöck ist weltweit das einzige Unternehmen, das die elektrotechnische Kompetenz, die Expertise und die Fertigungsmöglichkeiten besitzt, um Luftspulen im XXL-Format herzustellen.

Übrigens: Luftspulen sind nicht nur für Großanwendungen einsetzbar, sondern eignen sich hervorragend für elektrotechnische Anwendungen, bei denen minimale Dimensionen gefordert sind (**Bild 4**). Man fertigt bei Bürkle + Schöck ausschließlich in Deutschland und ist nicht nur deshalb ein zuverlässiger Industriepartner bei Sonderanfertigungen von Luftspulen – vom Einzelstück bis hin zur Großserie. ●



Bild 4: Es geht auch im Miniaturformat

Über die Bürkle + Schöck KG

Die Bürkle + Schöck KG ist in Stuttgart beheimatet und wurde im Jahr 1932 durch Dipl.-Ing. Friedrich Bürkle und den Studenten Willi Schöck in Vaihingen als Ingenieurbüro und Werkstätte für Spulen- und Ankerwickelung gegründet.

Mittlerweile ist der Familienbetrieb in der dritten Generation und wird durch die Brüder Thomas und Stefan Bürkle als persönlich haftende Gesellschafter geleitet. Außerdem ist der Betrieb als Gruppe in fünf Einzelunternehmen (jeweils unter der Bezeichnung Bürkle + Schöck) aufgeteilt:

- Ingenieurbüro für Elektrotechnik
- Sicherheits- und Energiespartechnik
- Elektro-Anlagen
- Elektronik und
- Transformatoren.



Autoren:
Marcel Diehl,
Redaktion »ema« und
Thomas Bürkle,
Bürkle + Schöck KG