Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 100 (2009)
Heft: 12

Artikel: Umrichter für den Offshoreeinsatz
Autor: Eichler, Markus
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-856429

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Umrichter für den Offshoreeinsatz

Anbindung von 5-MW-Offshoreanlagen mit dem PCS 6000 Wind

Neue Windparks werden öfter vor der Küste oder in dünn besiedelten Gebieten errichtet, was die Anbindung ans Stromnetz erschwert. Hierfür bietet ABB den Umrichter PCS 6000 Wind, der in den Turm einer 5-MW-Windkraftanlage passt. Er liefert nicht nur die gewünschte Frequenz und Spannung, sondern unterstützt schwache Netze durch die Einspeisung/Aufnahme von Blindleistung.

Der Windpark Alpha Ventus ist ein gemeinsames Pionierprojekt von E.ON Climate and Renewables, EWE und Vattenfall Europe. Er befindet sich etwa 45 km nördlich der deutschen Nordseeinsel Borkum und ist damit der erste deutsche Windpark, der unter echten Offshorebedingungen er-

Markus Eichler

richtet wird. Die Konstruktion, der Bau, der Betrieb und die Netzintegration von Alpha Ventus sollen als Forschungsprojekt und Testfeld dazu dienen, grundlegende Erfahrungen im Hinblick auf die zukünftige kommerzielle Nutzung von Offshorewindparks zu sammeln.

Geplant ist die Errichtung von 6 Windkraftanlagen des Typs Multibrid M5000 und 6 Windkraftanlagen des Typs Repower 5M. In der südöstlichen Ecke des Windparks ist eine Offshoretrafostation vorgesehen. Der Betrieb der Windkraftanlagen wird von einer Leitwarte an Land überwacht.

Insgesamt soll in der Europäischen Union bis zum Jahr 2020 eine Offshoreleistung von 20–40 GW realisiert werden. Die ersten 6 Windkraftanlagen werden auf einer Fläche von 4 km² errichtet. Insgesamt soll der Park 4 parallele, in Nord-Süd-Richtung verlaufende Reihen mit je 3 Anlagen umfassen. Die Entfernung zwischen den Anlagen in dieser netzartigen Anordnung beträgt ca. 800 m.

Mit einer Höhe einschliesslich des Rotors von etwa 150 m erreichen die einzelnen Anlagen fast die Höhe des Kölner Doms. Die 6 von Multibrid bereitgestellten Anlagen werden in einer Wassertiefe von ca. 30 m über eine 3-beinige Konstruktion (sogenannte Tripods) mit einer Standfläche von 255 m² am Meeresboden verankert. In jeder Anlage werden rund 1000 t Stahl verbaut, was dem Gewicht von 200 erwachsenen Elefanten entspricht.

Die Rotorfläche entspricht etwa anderthalb Fussballplätzen, und bei maximaler Drehzahl erreichen die Spitzen der Rotorblätter eine Geschwindigkeit von etwa 300 km/h.

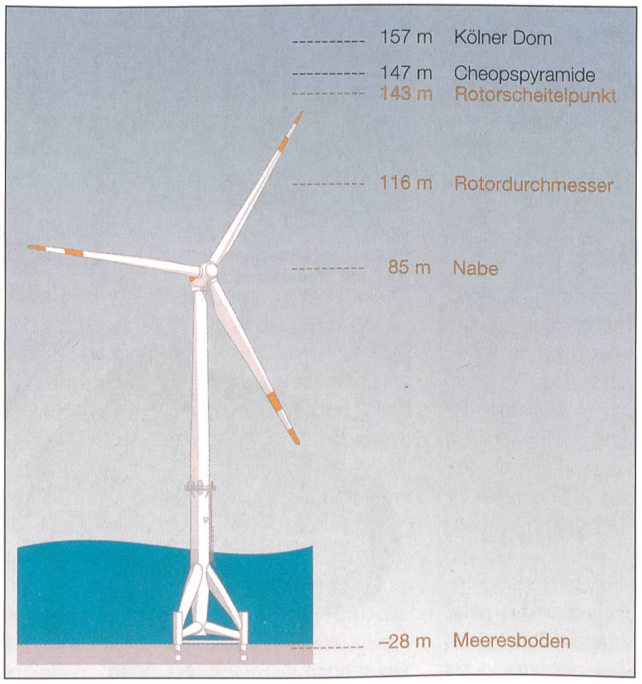


Bild 1 Die Windkraftanlagen erreichen fast die Höhe des Kölner Doms.

Kopplung ans Stromnetz

Windkraftanlagen mit einem durch einen Permanentmagneten erregten Synchrongenerator müssen über einen Vollumrichter ans Stromnetz gekoppelt werden. So kann die Anlage an ihrem optimalen Betriebspunkt betrieben und die Energie mit hoher Effizienz ins Stromnetz gespeist werden. Für grössere Windkraftanlagen mit entsprechend hoher Leistung sind Mittelspannungs-Umrichtersysteme am besten geeignet. Die Flexibilität industrieller Vollumrichtersysteme ermöglicht eine einfache Anpassung an verschiedene Betriebsarten und Netzanforderungen. Beim Einsatz leistungselektronischer Systeme kommt es vornehmlich auf 3 Faktoren an: Zuverlässigkeit, Effizienz und Kosten.

Beschreibung des Systems

Windkraftanlagen mit mehr als 2 MW Leistung sind heutzutage drehzahlvariabel. In Offshoreanwendungen, bei denen es auf einen geringen Wartungsaufwand ankommt, werden bevorzugt Generatoren mit Permanentmagneterregung eingesetzt. Diese Lösung erfordert einen Vollumrichter und zeichnet sich besonders im Teillastbetrieb durch eine hohe Effizienz aus.

Der Umrichter basiert auf einem industriellen Standarddesign, dessen einfache Bauweise dabei hilft, die Zuverlässigkeit der neuen Generation von Windkraftanlagen durch niedrigere Ausfallraten zu steigern. Der Umrichter PCS 6000 verfügt über modulare leistungselektronische Bausteine (Power Electronics Building Blocks, PEBB) aus Hochleistungshalbleitern, die den Bau äusserst kompakter Umrichter ermöglichen. Für 5-MW-Windkraftanlagen hat ABB einen Vierquadrantenumrichter auf Basis des PCS 6000 mit Standard-IGCT-Techno-

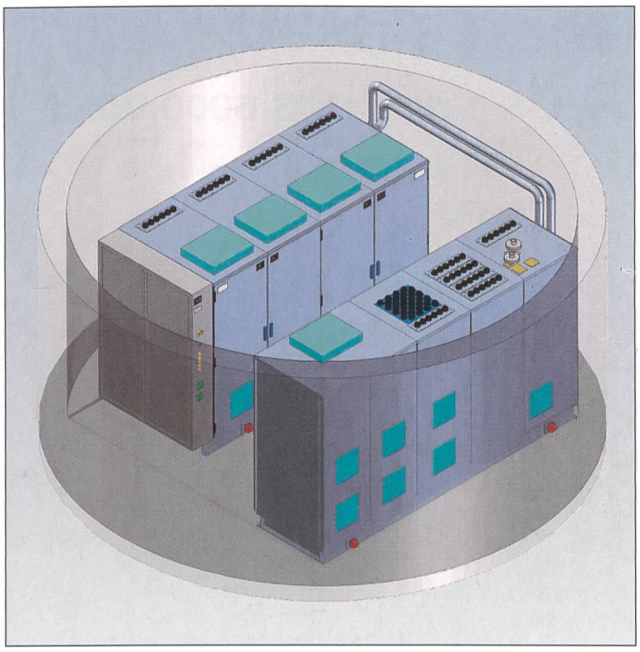


Bild 2 Der Umrichter PCS 6000 kann im Turm der Anlage untergebracht werden.

logie (Integrated Gate-Commutated Thyristors) entwickelt. Der gesamte Umrichter besteht aus einer PEBB-Plattform, einer Steuerungsplattform und einer Mechanikplattform. Dies bietet entscheidende Vorteile hinsichtlich Kosten, Qualität und Zuverlässigkeit. Der PCS 6000 Wind vereint 2 NPC-Phasen (Neutral Point Connected) und erreicht eine hohe Leistungsdichte – ein wichtiger Faktor für Umrichter, die im Inneren einer Windkraftanlage untergebracht werden. Bild 2 zeigt den 5-MW-Umrichter vom Typ PCS 6000 im Turm einer Offshoreanlage.

Der PCS 6000 Wind benötigt mit allen erforderlichen Hilfseinrichtungen wie Wasserkühlung, Netzfilter und dU/dt-Filter für den Generator nur eine Plattform im Turm. Dank seines äusserst kompakten Designs ist er von allen Seiten aus für Wartungsarbeiten zugänglich. Die Steuerung des Umrichtersystems erfolgt über den Controller AC 800PEC von ABB. Alle Mess- und Steuerverbindungen vom Leitsystem in den Mittelspannungsschaltschrank sind mithilfe von Glasfaserkabeln isoliert. Dabei ist für die Kommunikation zwischen dem Steuerungssystem des PCS 6000 und dem Schrank für die Hilfssysteme wie Kühlung und Filter nur ein Lichtleiterpaar erforderlich. Auf diese Weise bleibt das System unempfindlich gegenüber elektromagnetischen Störungen. Die gemäss IP 54 gekapselten Schaltschränke gewährleisten auch bei Kondensation innerhalb des Turms eine hohe Sicherheit und Störungsfreiheit. Ausserdem wurde bei der Konstruktion sämtlicher Komponenten auf eine hohe Schwingungsfestigkeit geachtet.

Um die Sicherheit des Wartungspersonals zu gewährleisten, verfügt der Umrichter über einen Erdungsschalter sowie ausfallsichere Türverriegelungen. Das PEBB-Konzept bietet deutliche Vorteile im Hinblick auf die Wartungsfreundlichkeit (Bild 3). So können die Bauteile schnell und bequem ausgetauscht werden, ohne dass Sammelschienen oder Kühlleitungen getrennt werden müssen. Die Doppelbaugruppe lässt sich einfach durch Lösen einer Feder öffnen, dann können die IGCTs durch Spreizen der Kühlkörper mit einem Werkzeug entnommen werden (Bild 4). Der PCS 6000 Wind kommt sogar ohne Sicherungen aus, denn das intelligente Schutzsystem verhindert mechanische Schäden und die Bildung von Lichtbögen durch defekte Halbleiter. Dies ist insbesondere für Offshoreanlagen von Vorteil, da diese aufgrund des Wetters manchmal für mehrere Tage unzugänglich sind.

Blick in den Umrichter

Die Hauptbestandteile des Umrichters sind die beiden Stromrichtermodule, die über den Gleichstromzwischenkreis miteinander verbunden sind. Hinzu kommen Hilfsschaltkreise wie der Netzfilterschaltkreis und das generatorseitige Flankenfilter. Industrielle Mittelspannungsumrichter verfügen üblicherweise über 3-Punkt-Wechselrichter. Der Transformator kann so ausgelegt werden, dass er dem Spannungsanstieg (dU/dt) der schaltenden IGCTs problemlos standhält. Allerdings ist ein Netzfilter erforderlich, dessen Hauptaufgabe darin besteht, die Oberschwingungsströme so weit zu begrenzen, dass auch bei sehr schwachen Netzen die Anforderungen der IEEE 519-1992 erfüllt werden können. Mit einem erweiterten Filter kann ausserdem die deutsche VDEW-Richtlinie erfüllt werden. Beim Netzfilter handelt es sich um ein LC-Filter mit einem speziellen Dämpfungskreis für die 29. harmonische Oberschwingung. Unterhalb der 29. Harmonischen generiert das System dank eines optimierten Pulsmusters keine harmonischen Oberschwingungen. Auf der Generatorseite begrenzt ein kleines dU/dt-Filter den Spannungsanstieg an den Generatorklemmen.

Bild 5 zeigt das Prinzipschaltbild des 3-Punkt-Vierquadrantenumrichters. Der vom Generator erzeugte Strom wird von der generatorseitigen Stromrichtereinheit (Inverter Unit, INU) in den Gleichstromzwischenkreis aktiv gleichgerichtet und von dort über die netzseitige Stromrichtereinheit (Active Rectifier Unit, ARU) in das Netz eingespeist. Der Zwischenkreis ist durch einen Spannungsbegrenzer (Voltage Limiter Unit, VLU) geschützt, der einen unterbrechungsfreien Weiterbetrieb der Anlage bei Netzstörungen (Ride-Through) gewährleistet. Auf diese Weise werden Drehmomentschwankungen bei Netzstörungen verhindert. Im Normalbetrieb befinden sich 2 Halbleiterschalter pro Phase ständig im Sperrzustand. So kann mit denselben Elementen die doppelte Zwischenkreisspannung eines 2-Punkt-Umrichters erreicht werden. Verglichen mit einer Reihenschaltung der Elemente bietet die 3-Punkt-Kon-

Bild 3 Der Mittelspannungs-Vollumrichter PCS 6000 mit Steuerschrank.

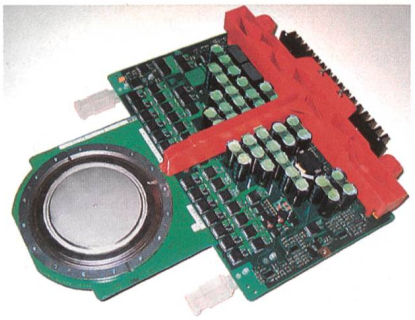


Bild 4 IGCT für einen 9-MVA-PEBB.

figuration erhebliche Vorteile: Die Nullpunktdioden garantieren eine gleichmässige Aufteilung der Spannung zwischen den beiden IGCTs im Sperrzustand, ohne dass hierzu spezielle Netzwerke zur Spannungsaufteilung erforderlich sind.

Zusätzlich kann das Nullpunktpotenzial auf die Ausgangsklemmen geschaltet werden, was zu kleineren Spannungsschritten am Ausgang und einer geringeren Stromwelligkeit führt. Im Vergleich zu einem 2-Punkt-Umrichter mit der gleichen durchschnittlichen Schaltfrequenz der IGCTs ist die Welligkeit der Ausgangsspannung 4-mal geringer. Dadurch wird auch die Drehmomentwelligkeit auf der Generatorseite und damit die Belastung des Planetengetriebes deutlich reduziert.

Vorteile der PCS-6000-4Q-Topologie

Der ABB-Vollumrichter für Windkraftanlagen basiert auf dem Vierquadrantenkonzept (4Q-Konzept), d.h., prinzipiell ist ein bidirektionaler Leistungsfluss möglich. Da die Anwendung an sich keinen bidirektionalen Leistungsfluss erfordert, könnte der generatorseitige Umrichterteil auch als unidirektionale Einheit ausgeführt werden. Vor der Aufstellung der Windkraftanlage werden Getriebe und Generator umfassend getestet. Dabei startet der PCS 6000 den Generator als Motor und treibt das Getriebe an, während er gleichzeitig die Generatorwicklungen zur Erwärmungsprüfung mit Blindstrom versorgt. Während dieser Werksprüfungen werden alle wichtigen Schutz- und Kühlsysteme getestet und eingestellt.

Mithilfe des bidirektionalen Leistungsflusses kann der Rotorstern auf der Windturbine zudem exakt in die Stellung gebracht werden, in der er mit der hydraulischen Bremse fixiert werden kann, um eine Untersuchung der Rotorblätter auf der Anlage oder der Blattwinkelverstellung zu ermöglichen. Hierbei ermittelt das übergeordnete Leitsystem die gewünschte Position für den Rotor und kommuniziert über das Profibus-Protokoll mit dem Controller des Umrichters. Der PCS 6000 kann den Rotor auch bei starkem Wind gleichmässig und mit hoher Präzision in die gewünschte Stellung bringen.

Drehzahlgeber sind bekannt für ihre Störanfälligkeit. Um einen geringen Wartungsaufwand und eine hohe Verfügbarkeit zu gewährleisten, arbeitet der PCS 6000 Wind ohne Drehzahlgeber. Eine besondere Eigenschaft ist seine Sanftanlassroutine für den Haupttransformator: Zunächst wird der Zwischenkreis des PCS 6000 über eine kleine Vorladeeinheit aufgeladen, um die Nennspannung des Zwischenkreises zu erreichen. Dann erhöht die netzseitige

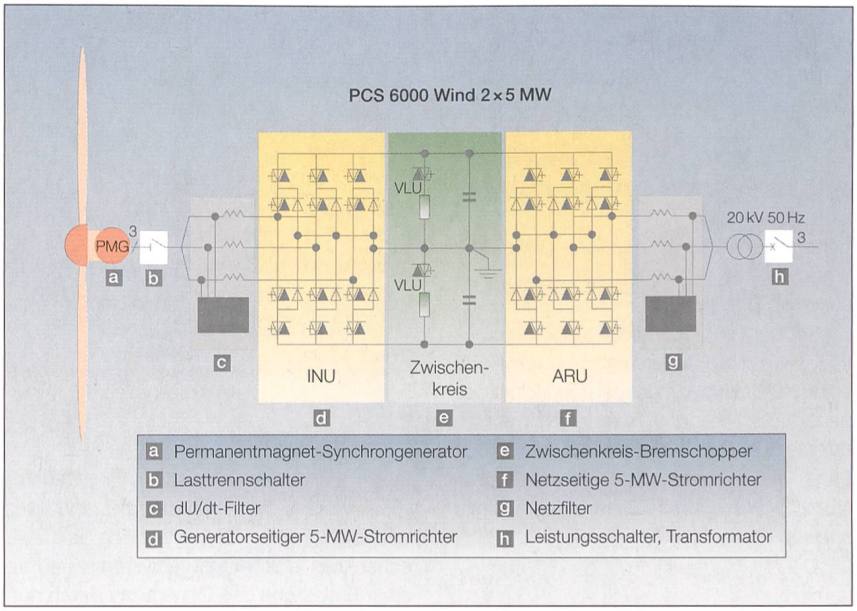


Bild 5 Prinzipschaltbild des 3-Punkt-Vierquadrantenumrichters.

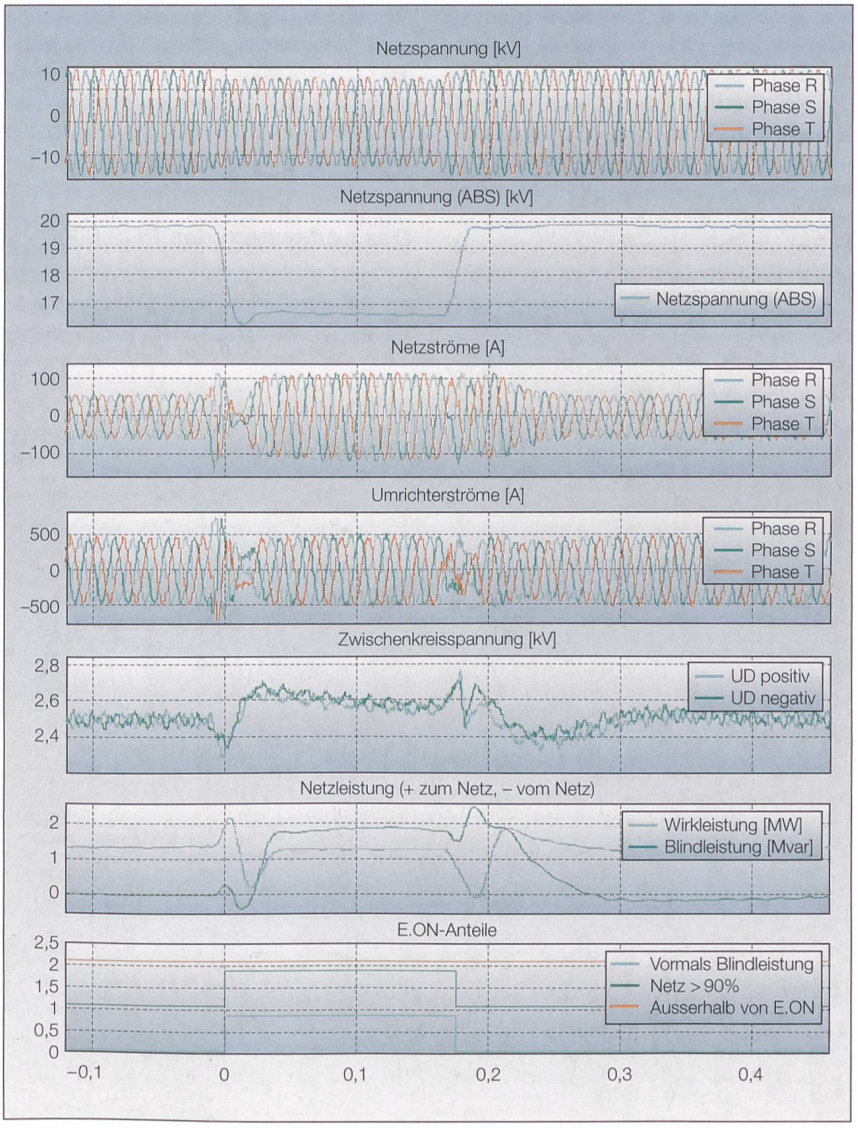


Bild 6 Flickeraufzeichnung bei E.ON mit dem ABB-DIAS-System.

Stromrichtereinheit (ARU) die Spannung langsam und synchronisiert den Transformator mit dem Netz, ohne Einschaltstromstösse zu verursachen. So können grosse Transformatoren mit schwachen Stromnetzen verbunden und Spannungseinbrüche aufgrund von direkt geschalteten Transformatoren in einem Windpark verhindert werden. Ein weiterer wichtiger Vorteil des Vollumrichters ist die Möglichkeit zur Einspeisung von Blindleistung ins Netz. Zusätzliche Einrichtungen zur Blindleistungskompensation, wie sie bei herkömmlichen Windkraftanlagen mit doppelt gespeisten Induktionsgeneratoren benötigt werden, sind nicht erforderlich. Der PCS 6000 Wind ist in der Lage, zur Regelung der Spannung am Netzanschlusspunkt Blindleistung einzuspeisen und aufzunehmen.

Technische Daten Multibrid M5000	
Rotordurchmesser	116 m
Nabenhöhe	90 m
Nennleistung	5 MW
Drehzahl	5,9–14,8 U/min
Einschaltwindgeschwindigkeit	3,5 m/s (Windstärke 3)
Nennwindgeschwindigkeit	12,5 m/s (Windstärke 6)
Abschaltwindgeschwindigkeit	25 m/s (Windstärke 10)
Geschwindigkeit der Rotorspitzen	90 m/s (324 km/h)
Gewicht der Gondel ohne Rotor und Nabe	200 t
Gewicht der Gondel mit Rotor und Nabe	309 t
Stahlmasse in Fuss, Turm und Gondel	1000 t

Netzanschlussregeln

Der PCS 6000 Wind gewährleistet auch bei Netzstörungen einen kontinuierlichen Betrieb. Die schnelle, dynamische Spannungsregelung bei symmetrischen und unsymmetrischen Netzstörungen ist eine der Funktionen des PCS 6000, die zur Erfüllung der Netzanschlussregeln (Grid Codes) erforderlich ist. Bild 6 zeigt einen real gemessenen Spannungseinbruch beim Betrieb eines Prototyps der Multibrid-M5000-Windkraftanlage in Bremerhaven.

Bei extremen Netzstörungen muss der Vollumrichter zur Unterstützung des Netzes 100% des Blindstroms bereitstellen. In diesem Fall kann die netzseitige Stromrichtereinheit (ARU) die Wirkleistung vom Generator nicht ins Netz einspeisen, und dies würde zu einer Überspannung im Zwischenkreis des Umrichtersystems und zu einer Entlastung des Generators durch normale Schutzfunktionen führen. Der PCS 6000 Wind verfügt über einen Spannungsbegrenzer (Bremschopper), der in der Lage ist, die Wirkleistung während einer Netzstörung so abzuführen, dass die Anlage ohne Beeinträchtigung weiterlaufen kann (Bild 7). Am Generator kommt es dabei zu keinerlei Schwankungen des Stroms (wobei der Strom als Indikator für das tatsächliche Lastdrehmoment dient).

Das Leitsystem des PCS 6000

Das Regelungssystem des PCS 6000 erhält Start-/Stoppsignale über eine digitale Profibus-Verbindung vom übergeordneten Anlagencontroller (Master/Slave-System). Die Drehmomentbefehle für den Permanentmagnet-Synchrongenerator (PMSG) basieren auf Drehzahlmessungen mit einer Aktualisierungsrate von weniger als 10 ms. Die Kommunikation zwischen dem Master-Controller in Form einer standardmässigen industriellen SPS (speicherprogrammierbaren Steuerung) und dem AC-800PEC-Controller des Umrichters erfolgt über eine serielle Verbindung. Die Stromrichtereinheit (INU) muss in der Lage sein, die Maschine über die gesamte Leistungskurve hinweg mit maximalem Drehmoment pro Ampere zu betreiben, bis die Spannung an den Generatorklemmen den Grenzwert der INU erreicht. Von diesem Punkt an muss die INU die Klemmenspannung begrenzen, während die Maschine weiter der Leistungskurve folgt. Die Stromrichtereinheit (ARU) liefert Wirkleistung an das Netz und reguliert die Gleichspannung. Um dies zu erreichen, ist eine feldorientierte Regelungsstrategie ohne Positionssensoren für den Rotor vorgesehen. Dieser sensorfreie Algorithmus basiert auf einem Phasenregelkreis (Phase-Locked Loop, PLL), der die interne elektromotorische Kraft (EMK) bzw. die Gegen-EMK des Generators in Phase und Frequenz mit dem Fluss des Permanentmagneten synchronisiert. Dabei dienen die Generatorströme als Istwerte und die Steuerausgänge (zum Modulator) als 3-phasige Sollwerte für die Statorklemmenspannung.

Die Stromversorgung des Leitsystems und aller wichtigen E/A-Platinen ist bei einem Ausfall der Hilfsversorgung durch eine unterbrechungsfreie Gleichstromversorgung gesichert. Der Controller des PCS 6000 ist auf lange Stromausfälle vorbereitet. Der AC 800PEC erkennt die nach einem langen Stromausfall auftretende mögliche Kondensation und startet vor dem Anfahren der Anlage eine Entfeuchtungsroutine.

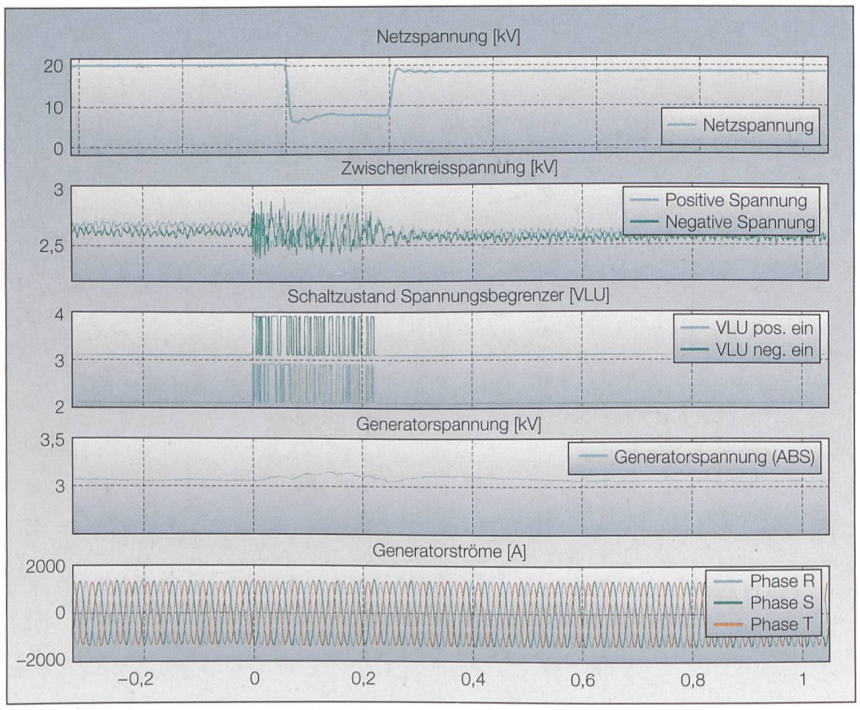
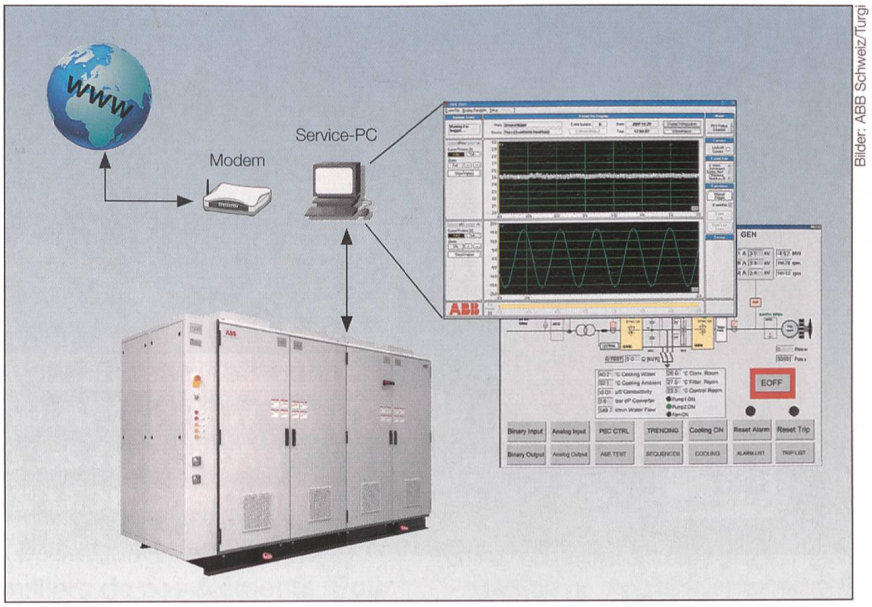


Bild 7 Wirkungsweise des Bremschoppers bei extremen Netzstörungen.

Wartung und Instandhaltung

Die wichtigsten Qualitäten eines Leistungsumrichters sind Zuverlässigkeit und

Wartungsfreundlichkeit – auch in einer schwierigen Offshoreumgebung. Zur Überwachung und Unterstützung des Umrichtersystems aus der Ferne verfügt der PCS 6000 Wind über Softwaretools wie das intelligente DIAS von ABB, das es ABB-Servicemitarbeitern ermöglicht, lokalen Wartungsteams hochwertige Unterstützung zu bieten (Bild 8). Bei einer Störung zeichnet der AC 800PEC alle wichtigen Signale sowie den Zustand des Umrichters mit einem Zeitstempel auf. Diese Daten können von den ABB-Mitarbeitern mithilfe des integrierten Transientenrecorders analysiert werden, der Ereignisse vor Ort aufzeichnet und dem Personal aus der Ferne direkte Unterstützung bietet. Darüber hinaus bietet eine übersichtliche Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS) einen Überblick über den PCS 6000. Störungsberichte können automatisch per E-Mail an ABB oder die Wartungsteams des Kunden gesendet werden.



Bilder: ABB Schweiz/Turgi

Bild 8 Fernzugriff auf das PCS-6000-Umrichtersystem per Internet.

Ausblick

Während Windkraftanlagen mit bis zu 5 MW bereits in Serie gefertigt werden, befinden sich Anlagen mit noch höherer Leistung in der Entwicklung oder liegen bereits als Prototypen vor. Es wird erwartet, dass die Anlagen der Zukunft zwischen 7 und 10 MW leisten. Die meisten Anlagen der nächsten Generation werden voraussichtlich in grossen Windparks vor der Küste oder in dünn besiedelten Gebieten installiert. Hierbei gelten andere Anforderungen an die Steuerung als bei herkömmlichen Anordnungen. Zudem werden die heutigen Windkraftanlagen so betrieben, dass sie auch bei böigen Windverhältnissen so viel Energie wie möglich ins Netz einspeisen. Ein Offshorewindpark wird wie ein grosses Kraftwerk betrachtet. Fällt zum Beispiel die Netzfrequenz ab, müssen die Windkraftanlagen die Leistung beibehalten, um das Netz zu unterstützen. Eine weitere mögliche Anforderung ist die Begrenzung der erzeugten Leistung auf einen Wert unterhalb des tatsächlichen Maximums. Ausserdem müssen die Anlagen auch bei Wiedereinschaltungen nach Kurzschlüssen im Netz in Betrieb bleiben.

ABB ist es gelungen, zuverlässige und effiziente Mittelspannungs-Umrichtertechnologie auf die besonderen Anforderungen der Windenergiebranche anzuwenden. Die Kombination aus leistungsfähiger Hardware und einer flexiblen Steuerungstopologie, unterstützt von fortschrittlichen Simulationsverfahren, eignet sich hervorragend für die Integration der grössten Windkraftanlagen in Stromnetze mit anspruchsvollen Anschlussbedingungen. Und für den Fall, dass in Zukunft noch höhere Leistungen gefragt sind, bietet ABB Mittelspannungsumrichter für bis zu 14 MVA.

Résumé

Un convertisseur pour l'utilisation offshore

Raccordement d'installations offshore 5 MW grâce au PCS 6000 Wind. Les nouveaux parcs éoliens sont souvent construits au large des côtes ou dans des régions faiblement peuplées, ce qui rend difficile leur raccordement au réseau électrique. ABB propose pour cela le convertisseur PCS 6000 Wind, qui peut se loger dans la tour d'une installation éolienne de 5 MW. Ce convertisseur fournit non seulement la fréquence et la tension voulues, mais soutient les réseaux faibles par injection/absorption de puissance déwattée.

Angaben zum Autor

Markus Eichler studierte Prozessautomation in Konstanz und ist nun fast 18 Jahre bei ABB aktiv. Zurzeit ist er Product Manager für Mittelspannungsumrichter PCS 1000 und PCS 6000 bei der ABB Schweiz AG in Turgi.
ABB, 5300 Turgi, markus.eichler@ch.abb.com

articles spécialisés

Anzeige

BKW

Die Liberalisierung im Strommarkt setzt Impulse frei und eröffnet neue Chancen. Wir verstehen sie als Aufforderung, uns dynamisch weiterzuentwickeln. Dazu sind wir auf engagierte Mitarbeitende angewiesen wie beispielsweise Julien Schreyer. Als Energy Trader agiert er geschickt bei neuen Herausforderungen – und trägt so zur Unternehmensentwicklung bei.
Bei der BKW FMB Energie AG sorgen 2800 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter heute dafür, dass bei mehr als einer Million Menschen zuverlässig der Strom fliesst. Gehören Sie morgen dazu? Wir freuen uns, wenn Sie mit uns die Zukunft angehen.

BKW FMB Energie AG, Human Resources Management, Telefon 031 330 58 68,
info@bkw-fmb.ch, www.bkw-fmb.ch/jobs

Moderne Hausanschlusssysteme
– elegant für den Bauherrn und flexibel für das Elektrizitätswerk.

RAUSCHER
STOECKLIN

Rauscher & Stoecklin AG
Reuslistrasse 32, CH-4450 Sissach
T +41 61 976 34 66, F +41 61 976 34 22
info@raustoc.ch, www.raustoc.ch