

WIND-KRAFT

Journal & **NATÜRLICHE ENERGIE**

Ausgabe 6/2011
31. Jahrgang
Preis : 5 Euro

Windpark Siegbach :
3 Nordex N100/2,5 MW
auf 140 m Bögl Türmen
im Scheider Wald.
Planer : ABO Wind
Betreiber : Mainova



Hochverfügbarkeit von elektrischen Systemen in Windenergieanlagen

Differenzstromüberwachung in geerdeten Systemen (TN-S-Netzen)

Isolationsüberwachung in ungeerdeten Systemen (IT-Netzen)

Dipl.-Wirt.-Ing. Michael Faust, Dipl.-Ing. W.Bender GmbH & Co. Kg

Bei den Anforderungen an mechanische Komponenten in Windenergieanlagen tritt die Verfügbarkeit immer mehr in den Vordergrund, jedoch werden im elektrischen System noch nicht alle Möglichkeiten ausgenutzt, um die Verfügbarkeit von Windenergieanlagen zu erhöhen.

Elektrische Komponenten belegen seit geraumer Zeit den ersten Platz in der Statistik der Ausfallsverursacher in Windenergieanlagen – mit der Anlagengröße wachsende Tendenz.

Meist sind elektrische Komponenten schneller und kostengünstiger auszutauschen als beispielsweise ein Getriebe, daher wird die Überwachung elektrischer Komponenten häufig stiefmütterlich behandelt.

Hier verbirgt sich jedoch ein hohes Einsparpotential für Betreiber, Betriebsführer und Versicherer.

Netzformen für Windkraftanlagen: Plädoyer für das IT-System!

In Deutschland sind TN-Systeme (geerdet) üblich und sehr verbreitet. Das ist aber eher eine Frage der Gewohnheit, nicht der Kosten, der Technik oder der Sicherheit. Dabei liegen die Vorteile eines IT-Systems (ungeerdet) vor allem für Windkraftanlagen klar auf der Hand.

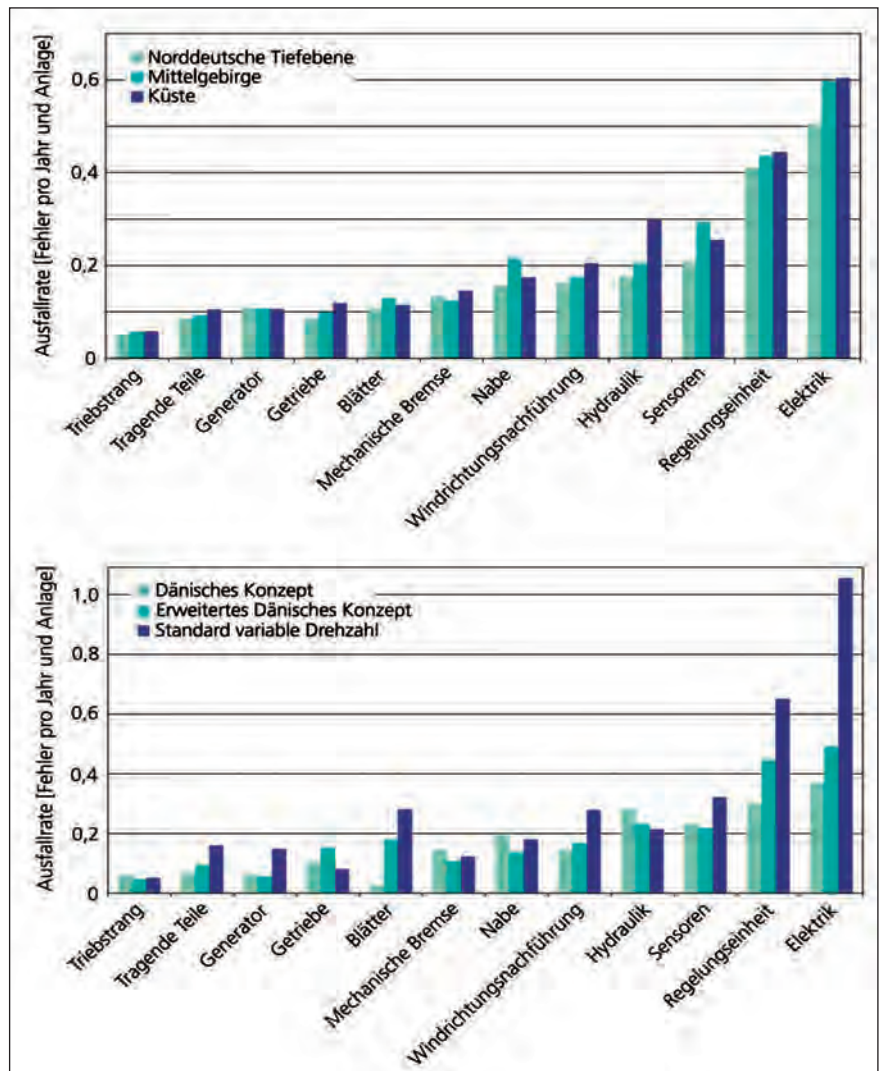
Die Auslegung des elektrischen Systems als IT-Netz garantiert geringere Ausfallzeiten, erleichtert die Instandhaltung, reduziert das Brandrisiko und führt so langfristig zu höheren Erträgen und geringeren Kosten [1].

TN-System (Terre Neutre)

Tritt ein Isolationsfehler im TN-System auf, wird dies von der Schutzeinrichtung erkannt (Leitungsschutzschalter, Fehlerstromschutzeinrichtung RCD) und die Versorgung wird getrennt. Zwar werden Personen bei indirektem Berühren geschützt und Fehlerströme unterbrochen, allerdings steht die Anlage bis zur Instandsetzung still, bzw. die Versorgung kann erst danach wieder eingeschaltet werden. Dies ist für kritische Einsatzgebiete wie Operationssäle, im Bergbau, oder bei empfindlichen Prozessen in der chemischen Industrie nicht akzeptabel. Bei den genannten Applikationen wird das Versorgungsnetz stets als IT-System ausgeführt, um bei einem auftretenden Isolationsfehler die Anlage weiter betreiben zu können. Eine Möglichkeit, im TN-System schleichende Isolationsverschlechterungen bereits im Entstehungsstadium zu erkennen, stellt die Differenzstromüberwachung, englisch *residual current monitoring (RCM)*, dar.

IT-System (Isolé Terre)

Im IT-System treten im Falle eines ersten Isolationsfehlers weder hohe Fehlerströme auf (hohe Brandsicherheit) noch können gefährliche Berührungsspannungen für Personen entstehen



Ausfallraten von Anlagenkomponenten an verschiedenen Standorten und bei verschiedenen Konzepten 2010.

FRAUNHOFER INSTITUT FÜR WINDENERGIE UND ENERGIESYSTEMTECHNIK IWES, WINDENERGIE REPORT DEUTSCHLAND 2010

(Schutz bei indirektem Berühren). Der erste Isolationsfehler stellt lediglich einen Erd-Potentialbezug her und wandelt ein ungeerdetes System quasi in ein geerdetes. Die Anlage kann bis zur Instandsetzung bzw. bis zum Auftre-

ten eines zweiten Fehlers weiterbetrieben werden. Da ein erster Isolationsfehler allerdings nicht auffällt, muss ein geeignetes Überwachungsgerät eingesetzt werden, z.B. ein Isolationsüberwachungsgerät.

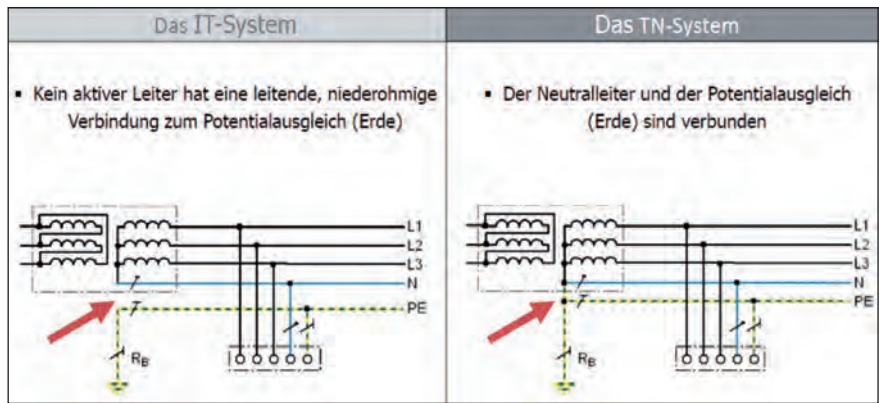
In der Photovoltaik hat man diesen Vorteil bereits erkannt und umgesetzt, deswegen werden große Photovoltaikanlagen meistens ungeerdet betrieben. Im Gegensatz zu Photovoltaikanlagen ist der Anteil mechanischer Komponenten am Gesamtsystem bei Windenergieanlagen zwar höher, dennoch werden die ersten Plätze in der Ausfallstatistik von elektrischen Komponenten dominiert.

Ausfälle in Windenergieanlagen

Aus den Ergebnissen des Verbundprojekts „Erhöhung der Verfügbarkeit von Windkraftanlagen“ [2] geht hervor, dass die meisten Fehler elektrischer Natur sind. Eine Basis für diese Studie stellt eine umfangreiche Datenerhebung, die über 17 Jahre andauerte. Elektrische Fehler seien zwar schneller zu beheben als mechanische, treten aber häufiger auf. Weiterhin gebe es keine geeignete Größe, um Fehler im elektrischen System zu detektieren.

Eine Überwachung des Isolationswiderstands der elektrischen Anlage ist sinnvoll, denn es können nicht nur direkte Isolationsfehler, z.B. abgeschuete Kabelisolierungen, entdeckt werden, sondern auch jene Fehler im elektrischen System, die zwar anderer Natur sind, sich aber auf den gesamten Isolationswiderstand der Anlage auswirken.

Auch in dem bekannten VdS-Leitfaden zur Brandsicherheit [3] wird der häufig vernachlässigten Netzform Rechnung getragen: als Brandursache wird ein „Unzureichendes elektrisches Schutzkonzept im Hinblick auf Isolationsfehlererkennung und Selektivität der Abschaltung“ genannt. Fällt die Wahl trotz höherer Sicherheit und Stabilität des IT-Systems auf das TN-System, ist das in vielen Bereichen der Industrie mit den relativ hohen Investitionskosten für den benötigten Transformator zu begründen. Bei Windenergieanlagen steht jedoch die erforderliche „einfache Trennung“ in Form des Mittelspannungstransformators bereits vor der Tür und muss nur ohne Erdung betrieben werden. Auch in einigen Normen werden sinnvolle Überwachungsmaßnahmen empfohlen. Z.B. die DIN EN 61400-1 (Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen) schreibt vor, dass die Gefährdung für Mensch und Tier gering zu halten sei und dass bei Betrieb und Wartung der WEA unter allen normalen und extremen Umgebungsbedingungen für die WEA und die externe elektrische Anlage eine mögliche Beschädigung minimal zu halten sei. [4]



Unterschied IT-/TN-System

Isolationsfehler	... im TN-System
<ul style="list-style-type: none"> $I_f < I_k$ Sicherung spricht <i>nicht</i> an: <ul style="list-style-type: none"> Keine Meldung Erhöhte Brandgefahr (ab 60W) $I_f > I_k$ Sicherung spricht an: <ul style="list-style-type: none"> Unerwartete Betriebsunterbrechung Hohe Folgekosten 	
Isolationsfehler	... im IT-System
<ul style="list-style-type: none"> Es fließt ein kleiner Strom, der durch die hohe Impedanz der Fehlerschleife begrenzt wird. Deutlich geringere Brandgefahr Erhöhter Schutz für Personen und Sachwerte Weiterbetrieb möglich 	

IT- und TN-System beim ersten Fehler

	Differenzstromüberwachung im TN-System	Betrieb im IT-System
Instandhaltung	Früherkennung von Isolationsschäden	Früherkennung von Isolationsschäden, bessere Planbarkeit der Serviceeinsätze
Brandsicherheit	Erhöhung der Brandsicherheit durch Meldung gefährlicher Fehlerströme	Minimierung der Brandgefahr durch Vermeidung von gefährlichen Fehlerströmen
Verfügbarkeit	X	Weiterbetrieb beim ersten Isolationsfehler möglich

Differenzstromüberwachung vs. Isolationsüberwachung

	Vergütungsausfall	Serviceeinsatz	Fehlersuche
TN -System - Erster Isolationsfehler bei geerdeten Anlagen	Keine Einspeisung bis zur Wiederaufschaltung nach Instandsetzung	„Notdienst“	Zeitaufwändige, komplexe Suche
Erster Isolationsfehler im IT-Netz mit geeigneter Überwachung und Fehlersuchsystem EDS	Kein Ertragsausfall	Planbare Instandsetzung	Einfaches Auffinden der Schadstelle mit fest installierten oder mobilen Einrichtungen zur Isolationsfehlersuche

Wann rechnet sich die zusätzliche Investition?

In der Projektentstehungsphase stehen möglichst geringe Kosten im Vordergrund, während im Betrieb hohe und konstante Erträge erzielt werden müssen. Die Mehrkosten für ein geeignetes Überwachungssystem amortisieren sich jedoch bereits beim ersten Auftreten eines Isolationsfehlers.

Michael Faust: „Oft genug hat sich die Investition in das IT-System und ein geeignetes Isolationsüberwachungssystem schon beim ersten Schadensfall bezahlt gemacht. Insbesondere bei Photovoltaikanlagen ist die Amortisationszeit durch die zeitaufwändige Fehlersuche sehr gering.“

Ein nachträgliches Umrüsten bestehender Anlagen auf das IT-System ist auch möglich, hier sind jedoch geringfügig höhere Kosten einzukalkulieren.

Das IT-System gewährleistet unter allen vorhersehbaren und nicht vorhersehbaren Ereignissen immer einen höheren Schutz für Personen und die Anlage, da es im Gegensatz zum TN-System einen Isolationsfehler tolerieren kann. Dies kann den entscheidenden Zeitvorsprung liefern, um einen sicheren Betriebszustand zu erreichen.

CMS für IT-System : Isolationsüberwachung

Das erste Isolationsüberwachungsgerät mit aktivem Messverfahren (ISOMETER®) wurde von Walther Hans Bender in Frankfurt/Oder entwickelt und 1939 unter dem Namen A-Isometer zum Patent angemeldet. Zur permanenten Überwachung des Isolationswiderstandes zwischen den aktiven Leitern und Erde wird auch heute immer noch das Isolationsüberwachungsgerät eingesetzt. Isolationsverschlechterungen werden frühzeitig erkannt und gemeldet, aber die Anlage bleibt weiter

in Betrieb. Die Bender Isometer entsprechen den Anforderungen der IEC 61557-8 und durch die verwendete Messtechnik sind die Geräte in der Lage, komplexe Netze, z.B. hohe Netzableitkapazitäten oder langsame Spannungsänderungen, zu überwachen. Dadurch sind sie auch für den Einsatz in Windkraftanlagen geeignet. .

CMS-Nachrüstung für TN-System : Differenzstromüberwachung

Ideal für den Betrieb und die Instandhaltung ist die Selbstüberwachung eines „sauberen“ TNS-Systems mit einer permanenten Differenzstromüberwachung und die Aufschaltung der Meldungen an eine ständig besetzte Stelle.

Differenzstromüberwachungsgeräte RCMs (Residual Current Monitor) sind in der Lage, Fehler bzw. Differenzströme und Betriebsströme ab 5 mA zu erfassen. Dazu wird der über einen Messstromwandler erfasste Strom von einer Elektronik erfasst und ausgewertet. Diese Meldung wird am Gerät angezeigt oder kann über Schaltkontakte oder Protokollumsetzer ins CMS eingepflegt werden.

Offshore

Einige deutsche Hersteller von Windenergieanlagen haben all diese Vor-

teile bereits erkannt und betreiben ihre Anlagen im IT-System. Gerade im Offshore-Bereich stellen die beiden wichtigsten Merkmale des IT-Systems, hohe Verfügbarkeit und flexible Instandhaltung, nahezu unverzichtbare Vorteile dar, denn Instandhaltungseinsätze sind teurer als an Land. Außerdem wird aufgrund des steten Windes Offshore eine höhere Volllaststundenzahl für die Anlage erwartet und kalkuliert. Ein Stillstand auf offener See ist also in zweifacher Hinsicht teurer als Onshore. Mit der wachsenden Anzahl an Offshore-Anlagen steigt auch die Systemrelevanz für das Versorgungsnetz und damit verschärft sich auch die Forderung an die Hochverfügbarkeit. Offshore-Windenergieanlagen sind demnach in mehrfacher Hinsicht ideale Einsatzorte für das IT-System.

Für das IT-System spricht:

- Frühzeitige Erkennung möglicher Gefährdungen
- Reduzierung der Ausfallrisiken auf ein Minimum
- Gewährleistung einer hohen Anlagenverfügbarkeit
- Minimierung des Brandrisikos

Quellenverzeichnis:

- [1] Hofheinz, Wolfgang: Schutztechnik mit Isolationsüberwachung, 3. Auflage, 2011, VDE Verlag GmbH
- [2] Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES et. al.: Erhöhung der Verfügbarkeit von Windenergieanlagen, 2009/2010
- [3] VdS: 3523 - Windenergieanlagen - Leitfaden für den Brandschutz, 2008, VdS Verlag
- [4] DIN EN 61400-1 (VDE 0127-1):2011-08
- [5] European Wind Energy Association: Pure Power – Wind energy targets for 2020 and 2030, 2011



Autor :
Michael Faust
Renewable Energies

Dipl.-Ing. W. Bender GmbH & Co. KG
P.O. Box 11 61
35305 Grünberg, Germany
Phone: +49-(0)6401-807-273
Mobile: +49-(0)1511-632262
michael.faust@bender-de.com



Isolationsüberwachungsgerät IRDH275
(Werkbild: Fa. Bender, Grünberg)