

## Liste der Netzverträglichkeitsmessungen

### List of Power Quality Measurements

Santjer, Fritz; DEWI

#### **Summary**

*A new edition of the guideline for the evaluation of the electrical characteristics of a wind turbine with respect to grid connection [1] was published in November 1996. Changes for measuring and evaluating the harmonics of wind turbines with pulth width modulated inverters and changes for evaluating the inrush current during switching operations were made. A list of power quality measurements on wind turbines performed according to [1] is given. The publishing of wind turbines in this list ensues only if the manufacturer agrees.*

Am 15. November 1996 ist eine neue Ausgabe der „III. Richtlinie zur Bewertung der elektrischen Eigenschaften einer Windenergieanlage hinsichtlich der Netzanbindung“, Rev. 9 erschienen. Es sind neue Erkenntnisse aus den Vermessungen eingeflossen. Vor allem wurde aber auf aktuelle Entwicklungen bei Windenergieanlagen in dieser neuen Ausgabe der Richtlinie eingegangen. Die wichtigsten Änderungen sind folgende:

#### **1. Oberschwingungen**

Bisher wurden nur die ganzzahligen Oberschwingungen bis zur 50. Ordnung gemessen und bewertet. Diese Oberschwingungen treten vor allem bei den Windenergieanlagen mit herkömmlichen Thyristorwechselrichtern auf. Neuere Konzepte bei drehzahlvariablen Windenergieanlagen setzen aber vermehrt pulsbreitenmodulierte (PWM) Umrichter ein. Die Störaussendungen dieser Umrichter werden mit der bisherigen Bewertungsmethode der Richtlinie gar nicht oder nur unzureichend erfaßt. In der Regel erzeugen PWM-Umrichter Frequenzspektren, die keine ganzzahligen Oberschwingungen enthalten. In der Richtlinie werden jetzt neben den ganzzahligen Harmonischen auch Zwischenharmonische und höhere Frequenzen bis 10 kHz berücksichtigt. Die Zwischenharmonische werden bis 2,5 kHz in einem Frequenzabstand von 6,25 Hz gemessen. Oberhalb von 2,5 kHz bis 10 kHz werden die Ströme in Anlehnung an die internationale Norm CISPR 16-1 [2] mit einem Frequenzabstand von 200 Hz bewertet.

#### **2. k-Faktor bei Schaltvorgängen**

Der bisherige k-Faktor berücksichtigte nur die maximale Stromspitze während der Schalthandlungen und war definiert als Verhältnis zwischen dem höchsten aufgetretenen Stromeffektivwert über eine Grundschwingungsperiode und dem Strom bei Nennleistung. Die maximale Stromspitze führt aber nicht zwangsläufig auch zur maximalen Spannungsänderung im Netz. Hier sind auch der Phasenwinkel zwischen Strom und Spannung sowie der Impedanzwinkel des Netzes maßgebend. Um dem Rechnung zu tragen, wurde in der neuen Richtlinie ein netzabhängiger Schaltstromfaktor  $k_{i\psi}$  eingeführt, der den Einfluß des Anlagenstromes bei Schaltvorgängen auf die dadurch verursachte maximale schaltbedingte Spannungsänderung in Abhängigkeit des Impedanzwinkels beschreibt. Dieser netzabhängige Schaltstromfaktor wird in einer Tabelle in Abhängigkeit des Netzimpedanzwinkels angegeben. Der ebenfalls eingeführte maximale Schaltstromfaktor  $k_{i\max}$  entspricht dem bisherigen k-Faktor.

Leider entstanden unmittelbar vor Inkrafttreten der neuen Richtlinie Unstimmigkeiten zwischen einzelnen Energieversorgungsunternehmen darüber, wie dieser netzabhängige Schaltstromfaktor  $k_{i\psi}$  zu berechnen sei. Aus diesem Grund werden zur Zeit noch keine Werte für den netzabhängigen Schaltstromfaktor angegeben und es muß zunächst nach dem bisherigen Verfahren mit dem maximalen Schaltstromfaktor (entsprechend dem bisherigen k-Faktor) gerechnet werden.

### 3. Liste der Netzverträglichkeitsmessungen

Wie die untenstehende Liste zeigt, sind bereits für einige wenige Windenergieanlagen Datenblätter, die sogenannten „Auszüge aus dem Prüfbericht“, nach Inkrafttreten der neuen Ausgabe der Richtlinie ausgestellt worden. Die Tabelle zeigt die aktualisierte Liste der Windenergieanlagen, die von einem der drei Meßinstitute - Deutsches Windenergie-Institut GmbH, WIND-consult GmbH sowie WINDTEST Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH vermessen worden sind und bei denen der Hersteller der Nennung in der Liste zugestimmt hat.

Insgesamt sind 37 Vermessungen in der Liste aufgeführt, wobei einige Windenergieanlagen auch mehrfach erscheinen, wenn z. B. eine Vermessung für eine modifizierte Anlage durchgeführt wurde oder eine Anlage von verschiedenen Instituten vermessen wurde oder ein zusätzlicher Auszug aus dem Prüfbericht z. B. in englisch erstellt wurde.

Wenn ein „Auszug aus dem Prüfbericht“, der als Grundlage für Planungen herangezogen werden soll, nicht in dieser Liste aufgeführt ist, sollte bei dem Hersteller oder bei dem Meßinstitut nachgefragt werden.

#### Berichtigung

Im letzten DEWI-Magazin (Nr. 9) wurde der Auszug aus dem Prüfbericht Nr. NR950702 vom 26.10.1995 der Windenergieanlagen Südwind N3127, Hersteller Südwind GmbH Windkraftanlagen, für "ungültig" erklärt. Diese Formulierung war nicht sehr glücklich. Natürlich ist der Prüfbericht nicht "ungültig", sondern er durfte wegen Eigentumsvorbehalte des DEWI nicht verwendet werden. Zwischenzeitlich ist die Situation jedoch mit der Fa. Südwind Energiesysteme GmbH geklärt und der Prüfbericht freigegeben worden.

- [1] Richtlinie zur Bewertung der elektrischen Eigenschaften einer WEA hinsichtlich der Netzanbindung, Rev. 9. 15.11.1996. Hrsg.: Deutsches Windenergie-Institut GmbH, Wilhelmshaven; WINDTEST Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, Kaiser-Wilhelm-Koog; WINDconsult GmbH, Bargeschagen
- [2] CISPR 16-1. Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods. Part 1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus. August 1993

Hersteller	Anlagentyp / Leistung	Berichtnummer	Meßinstitut	Datum des „Auszug aus dem Prüfbericht“	Bemerkungen
AN Maschinenbau und Umweltschutzanlagen GmbH Waterbergstr. 11 28237 Bremen	AN BONUS 150/30 kW	NR 95 0201	DEWI	24.05.1995	keine
AN Maschinenbau und Umweltschutzanlagen GmbH Waterbergstr. 11 28237 Bremen	AN BONUS 300 kW/33	NR 96 0904	DEWI	10.10.1996	keine
AN Maschinenbau und Umweltschutzanlagen GmbH Waterbergstr. 11 28237 Bremen	AN BONUS 450 kW/37	NR 95 1007	DEWI	04.06.1996	keine
AN Maschinenbau und Umweltschutzanlagen GmbH Waterbergstr. 11 28237 Bremen	AN BONUS 600 kW/41	NR 96 0201	DEWI	02.02.1996	keine
AN Maschinenbau und Umweltschutzanlagen GmbH Waterbergstr. 11 28237 Bremen	AN-BONUS 600 kW / 44-2	013NV296	WIND-consult GmbH	15.11.1996	keine
Enercon GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich	E40 500 kW 450 kW 400 kW 350 kW 300 kW	WT 551/96 WT 552/96 WT 553/96 WT 554/96 WT 555/96	WINDTEST WINDTEST WINDTEST WINDTEST WINDTEST	01.11.1996 01.11.1996 01.11.1996 07.11.1996 07.11.1996	keine
Hersteller	Anlagentyp / Leistung	Berichtnummer	Meßinstitut	Datum des „Auszug aus dem Prüfbericht“	Bemerkungen
Hanseatische Aktiengesellschaft Schloßmühlendamm 1	ET 550/41 550 kW	WT590/97	WINDTEST	06.01.1997	keine

21073 Hamburg					
Husumer Schiffswerft GmbH & Co. KG Postfach 1320 25803 Husum	HSW250T 250 kW	WT438/95	WINDTEST	28.11.1995	Messung und Abschätzung
Husumer Schiffswerft GmbH & Co. KG Postfach 1320 25803 Husum	HSW750 750 kW	358/95	WINDTEST	15.06.1995	keine
Husumer Schiffswerft GmbH & Co. KG Postfach 1320 25803 Husum	HSW1000 1000 kW	WT490/96	WINDTEST	24.06.96	keine
Jacobs Energie GmbH Am Kleinbahnhof 19-23 25746 Heide	Jacobs 37/500 500 kW	346/95	WINDTEST	31.05.1995	keine
Jacobs Energie GmbH Am Kleinbahnhof 19-23 25746 Heide	Jacobs 43/600 600 kW	WT574/96	WINDTEST	22.11.1996	keine
Lagerwey Windturbine bv Hanzeweg 31 NL-3771 NG Barneveld	LW 18/80 80 kW	NR 95 0703	DEWI	03.07.1995	keine
Lagerwey Windturbine bv Hanzeweg 31 NL-3771 NG Barneveld	LW 27/250 250 kW	NR 95 0904	DEWI	15.03.1996	keine
Lagerwey Windturbine bv Hanzeweg 31 NL-3771 NG Barneveld	LW 30/250 250 kW	NR 96 0702	DEWI	24.09.1996	keine
Markham & Co Ltd. Broad Oaks Works UK-S41 ODS Chesterfield	VS45 600 kW	WT477/96	WINDTEST	29.04.1996	keine
Micon A/S Alsvej 21 DK-8900 Randers	M1500/500 500 kW	375/95	WINDTEST	28.06.1995	keine
Micon A/S Alsvej 21 DK-8900 Randers	M1500/600 600 kW	344a/95	WINDTEST	19.05.1995	keine
Micon A/S Alsvej 21 DK-8900 Randers	M1800/600 600 kW	WT 527a/96	WINDTEST	09.10.1996	keine
Mitsubishi Heavy Industries Bow Bell House, Bread St. London EC4M 9BQ UK	MWT450 450 kW	WT467/96	WINDTEST	07.06.1996	keine
Nordex A/S. Svindbæk DK-7323 Give	N29 / 250 kW	0553BE95	WIND-consult GmbH	13.10.1995	keine
Nordex A/S. Svindbæk DK-7323 Give	N43/ 600 kW	098NV996	WIND-consult GmbH	05.12.1996	keine
Nordex Balcke-Dürr GmbH Meschendorfer Weg 18230 Rerik	N54 / 1000 kW	0715NV95	WIND-consult GmbH	22.03.1996	befristet bis 01.04.1997
Nordex Energieanlagen GmbH Meschendorfer Weg 18230 Rerik	N52 800 kW	WT380/95	WINDTEST	14.11.1995	keine
Nordtank Windkraftanlagen GmbH Osterport 2 25872 Ostenfeld	NTK 500/37 500 kW	NR 94 0901	DEWI	24.05.1995	keine
Nordtank Windkraftanlagen GmbH Osterport 2 25872 Ostenfeld	NTK500/41 500 kW	320a/95	WINDTEST	19.05.1995	Nennspannung 400 V

Hersteller	Anlagentyp / Leistung	Berichtnummer	Meßinstitut	Datum des „Auszug aus dem Prüfbericht“	Bemerkungen
Nordtank Windkraftanlagen GmbH Osterport 2 25872 Ostenfeld	NTK500/41 500 kW	322a/95	WINDTEST	19.05.1995	Nennspannung 690 V
Südwind Energiesysteme GmbH Prinzenstraße 32-33 10969 Berlin	Südwind N3127 270 kW	NR 95 0702	DEWI	28.11.1996	Auszug aus dem Prüfbericht in Deutsch u. Englisch
Tacke Windtechnik GmbH & Co. KG Holsterfeld 5A 48499 Salzbergen	TW 600 600 kW	WT550/96	WINDTEST	31.10.1996	keine
Tacke Windtechnik GmbH & Co. KG Holsterfeld 5A 48499 Salzbergen	TW 1.5 1500 kW	NR 96 0905	DEWI	07.11.1996	keine
Vestas Deutschland GmbH Otto-Hahn-Straße 2 25801 Husum	V39 500 kW	316a/95	WINDTEST	19.05.1995	Nabenhöhe 40,5 m und 53 m, Auszug aus dem Prüfbericht in Deutsch
Vestas Deutschland GmbH Otto-Hahn-Straße 2 25801 Husum	V39 500 kW	316a/95	WINDTEST	07.12.1995	Nabenhöhe 40,5 m und 53 m, Auszug aus dem Prüfbericht in Englisch
Vestas Deutschland GmbH Otto-Hahn-Straße 2 25801 Husum	V44 600 kW	WT567a/96	WINDTEST	14.11.1996	keine
Vestas Deutschland GmbH Otto-Hahn-Straße 2 25801 Husum	V44 600 kW	WT482/96	WINDTEST	20.05.1996	Prüfbericht für eine auf 500 kW begrenzte V44 (600 kW Generator)
Vestas Wind Systems A/S Smed Hansens Vej 27 DK-6940 Lem	V44 600 kW	WT445/96	WINDTEST	10.01.1996	Auszug aus dem Prüfbericht in Englisch
Vestas Wind Systems A/S Smed Hansens Vej 27 DK-6940 Lem	V44 600 kW	NR 95 1108	DEWI	22.11.1995	keine
WindMaster Nederland B.V. Zuiveringweg 26 NL-8243 Lelystad	WM 750-E 750 kW	NR 96 0703	DEWI	19.07.1996	keine

Ausgabe 1/97  
Stand: 15.01.1997  
Gültig bis: 31.08.1997

Herausgeber: Deutsches Windenergie-Institut GmbH (DEWI)  
Ebertstraße 96, 26382 Wilhelmshaven  
  
WIND-consult GmbH  
Reuterstraße 9, 18211 Bargeshagen  
  
WINDTEST Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH  
Sommerdeich 14b, 25709 Kaiser-Wilhelm-Koog