DIN EN IEC 61400-21-1 (VDE 0127-21-1)

DIN

Diese Norm ist zugleich eine **VDE-Bestimmung** im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation" bekannt gegeben worden.

VDE

ICS 17.220.20; 27.180

Ersatz für
DIN EN 61400-21
(VDE 0127-21):2009-06
Siehe Anwendungsbeginn

Windenergieerzeugungsanlagen – Teil 21-1: Messung und Bewertung der elektrischen Kennwerte – Windenergieanlagen (IEC 61400-21-1:2019); Deutsche Fassung EN IEC 61400-21-1:2019

Wind energy generation systems –
Part 21-1: Measurement and assessment of electrical characteristics –
Wind turbines
(IEC 61400-21-1:2019);
German version EN IEC 61400-21-1:2019

Systèmes de génération d'énergie éolienne –
Partie 21-1: Mesurage et évaluation des caractéristiques électriques –
Éoliennes
(IEC 61400-21-1:2019);
Version allemande EN IEC 61400-21-1:2019

Gesamtumfang 148 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2019-06-24 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2020-08-01.

Für DIN EN 61400-21 (VDE 0127-21):2009-06 besteht eine Übergangsfrist bis 2022-06-24.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 61400-21-1 (VDE 0127-21-1):2017-11.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 383 „Windenergieanlagen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 88 „Wind energy generation systems“ erarbeitet. und unterliegt dem Copyright der IEC.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieses Dokuments bis zu dem Datum (stability date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „http://webstore.iec.ch“ zu diesem Dokument angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees das Dokument
- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 61400-21 (VDE 0127-21):2009-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) Messung der Frequenzregelung;

b) aktualisierte Messung der Blindleistungsregelung, einschließlich Spannungsregelung, Messung der cos Trägheitsregelung;

c) Messung der Trägheitssteuerung

d) Prüfverfahren für Netzstützung bei Überspannung;

e) aktualisierte Prüfung bei Durchfahren von Unterspannung basierend auf der Windturbinenfähigkeit;

f) neue Verfahren für die Bewertung von Oberschwingungen.

Frühere Ausgaben

DIN EN 61400-21 (VDE 0127-21): 2002-11, 2009-06

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Zusammenhang mit europäischen und internationalen Dokumenten

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60050-131:2002	[a]	–
–	IEC 60050-161:1990	[a]	–
–	IEC 60050-415:1999	[a]	–
–	IEC 60050-448:1995	[a]	–
–	IEC 60050-614:2016	[a]	–
EN IEC 61000-3-2:2014 *ersetzt durch* EN IEC 61000-3-2:2019	IEC 61000-3-2:2014 *ersetzt durch* IEC 61000-3-2:2018	DIN EN IEC 61000-3-2 (VDE 0838-2)2015-03 *ersetzt durch* DIN EN IEC 61000-3-2 (VDE 0838-2)2019-12	VDE 0838-2 VDE 0838-2
EN 61000-3-3	IEC 61000-3-3	DIN EN 61000-3-3 (VDE 0838-3)	VDE 0838-3
EN 61000-4-7:2002 + A1:2009	IEC 61000-4-7:2002 + A1:2008	DIN EN 61000-4-7 (VDE 0847-4-7):2009-12	VDE 0847-4-7
EN 61000-4-15:2011	IEC 61000-4-15:2010	DIN EN 61000-4-15 (VDE 0847-4-15):2011-10	VDE 0847-4-15
EN 61000-4-30	IEC 61000-4-30	DIN EN 61000-4-30 (VDE 0847-4-30)	VDE 0847-4-30
EN 61400-27-1:2015	IEC 61400-27-1:2015	DIN EN 61400-27-1 (VDE 0127-27-1):2016-05	VDE 0127-27-1
EN 62008	IEC 62008	DIN EN 62008	–
–	IEC/TR 61000-3-6	–	–
–	IEC/TR 61000-3-7	–	–
–	IEC/TR 61000-3-14	–	–
–	IEC/TR 61400-21-3	–	–
–	IEC/TR 61869-103:2012	–	–

[a] „Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Deutsche Ausgabe“, Online-Zugang: http://www.dke.de/dke-iev.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

Nationaler Anhang NB
(informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 61000-3-3 (VDE 0838-3), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 3-3: Grenzwerte – Begrenzung von Spannungsänderungen, Spannungsschwankungen und Flicker in öffentlichen Niederspannungs-Versorgungsnetzen für Geräte mit einem Bemessungsstrom ≤ 16 A je Leiter, die keiner Sonderanschlussbedingung unterliegen (IEC 61000-3-3:2013); Deutsche Fassung EN 61000-3-3:2013*

DIN EN 61000-4-7 (VDE 0847-4-7):2009-12, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-7: Prüf- und Messverfahren – Allgemeiner Leitfaden für Verfahren und Geräte zur Messung von Oberschwingungen und Zwischenharmonischen in Stromversorgungsnetzen und angeschlossenen Geräten (IEC 61000-4-7:2002 + A1:2008); Deutsche Fassung EN 61000-4-7:2002 + A1:2009*

DIN EN 61000-4-15 (VDE 0847-4-15):2011-10, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-15: Prüf- und Messverfahren – Flickermeter – Funktionsbeschreibung und Auslegungsspezifikation (IEC 61000-4-15:2010); Deutsche Fassung EN 61000-4-15:2011*

DIN EN 61000-4-30 (VDE 0847-4-30), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-30: Prüf- und Messverfahren – Verfahren zur Messung der Spannungsqualität*

DIN EN 62008, *Leistungseigenschaften und Kalibrierverhalten für digitale Datenerfassungssysteme und entsprechende Software*

DIN EN 61400-27-1 (VDE 0127-27-1):2016-05, *Windenergieanlagen – Teil 27-1: Elektrische Simulationsmodelle – Windenergieanlagen (IEC 61400-27-1:2015); Deutsche Fassung EN 61400-27-1:2015*

DIN EN IEC 61000-3-2 (VDE 0838-2):2019-12, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 3-2: Grenzwerte – Grenzwerte für Oberschwingungsströme (Geräte-Eingangsstrom ≤ 16 A je Leiter) (IEC 61000-3-2:2018); Deutsche Fassung EN IEC 61000-3-2:2019*

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

EUROPÄISCHE NORM

EUROPEAN STANDARD

NORME EUROPÉENNE

EN IEC 61400-21-1

Juli 2019

ICS 27.180

Deutsche Fassung

Windenergieerzeugungsanlagen – Teil 21-1: Messung und Bewertung der elektrischen Kennwerte – Windenergieanlagen

(IEC 61400-21-1:2019)

Wind energy generation systems – Part 21-1: Measurement and assessment of electrical characteristics – Wind turbines
(IEC 61400-21-1:2019)

Systèmes de génération d'énergie éolienne – Partie 21-1: Mesurage et évaluation des caractéristiques électriques – Éoliennes
(IEC 61400-21-1:2019)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2019-06-24 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC Management Centre oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

© 2019 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN IEC 61400-21-1:2019 D

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

Europäisches Vorwort

Der Text des Dokuments 88/711/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe der IEC 61400-21-1, erarbeitet vom IEC/TC 88 „Wind energy generation systems“ wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN IEC 61400-21-1:2019 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

– spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2020-03-24

– spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2022-06-24

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61400-21-1:2019 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung ist unter „Literaturhinweise“ zu der aufgelisteten Norm die nachstehende Anmerkung einzutragen:

IEC 61400-27-1:2015 ANMERKUNG Harmonisiert als EN 61400-27-1:2015 (nicht modifiziert).

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

Anhang ZA
(normativ)

Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ANMERKUNG 1 Ist eine internationale Publikation durch gemeinsame Abänderungen modifiziert worden, gekennzeichnet durch (mod.), dann gilt die entsprechende EN oder das HD.

ANMERKUNG 2 Aktualisierte Informationen über die in diesem Anhang aufgeführten aktuellen Fassungen der Europäischen Normen sind hier verfügbar: www.cenelec.eu.

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
IEC 61000-3-2	2014	Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)	EN 61000-3-2	2014
IEC 61000-3-3	–	Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-3: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current < 16 A per phase and not subject to conditional connection	EN 61000-3-3	–
IEC 61000-4-7	2002	Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-7: Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto	EN 61000-4-7	2002
+ A1	2008		+ A1	2009
IEC 61000-4-15	2010	Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-15: Testing and measurement techniques – Flickermeter – Functional and design specifications	EN 61000-4-15	2011
IEC 61000-4-30	–	Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-30: Testing and measurement techniques – Power quality measurement methods	EN 61000-4-30	–
IEC 62008	–	Performance characteristics and calibration methods for digital data acquisition systems and relevant software	EN 62008	–
IEC/TR 61000-3-6	–	Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-6: Limits – Assessment of emission limits for the connection of distorting installations to MV, HV and EHV power systems	–	–
IEC/TR 61000-3-7	2008	Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-7: Limits – Assessment of emission limits for the connection of fluctuating installations to MV, HV and EHV power systems	–	–

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
IEC/TR 61000-3-14	–	Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-14: Assessment of emission limits for harmonics, interharmonics, voltage fluctuations and unbalance for the connection of disturbing installations to LV power systems	–	–
IEC/TR 61869-103	2012	Instrument transformers – The use of instrument transformers for power quality measurement	–	–

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort 2

Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen 3

Einleitung 14

1 Anwendungsbereich 15

2 Normative Verweisungen 15

3 Begriffe 16

4 Kurzzeichen und Einheiten 27

5 Abkürzungen 29

6 Spezifikation der Windenergieanlage 29

7 Prüfbedingungen und Prüfsysteme 29

7.1 Allgemeines 29

7.2 Übersicht über die geforderten Prüfniveaus 29

7.3 Gültigkeit der Prüfung 30

7.4 Prüfbedingungen 31

7.5 Prüfeinrichtung 32

8 Messung und Prüfung der elektrischen Kennwerte 34

8.1 Allgemeines 34

8.2 Aspekte der Spannungsqualität 34

8.2.1 Allgemeines 34

8.2.2 Flicker während des Dauerbetriebs 34

8.2.3 Flicker und Spannungsänderung bei Schaltvorgängen 38

8.2.4 Oberschwingungen, Zwischenharmonische und höhere Frequenzanteile 40

8.3 Stationärer Betrieb 42

8.3.1 Allgemeines 42

8.3.2 Beobachtung der Wirkleistung als Funktion der Windgeschwindigkeit 42

8.3.3 Maximalleistung 44

8.3.4 Blindleistungskennlinie ($Q = 0$) 46

8.3.5 Blindleistungsfähigkeit 46

8.3.6 Spannungsabhängigkeit des PQ-Diagramms 47

8.3.7 Unsymmetriegrad 48

8.4 Regelverhalten 49

8.4.1 Allgemeines 49

8.4.2 Wirkleistungsregelung 49

8.4.3 Begrenzung der Anstiegsgeschwindigkeit der Wirkleistung 52

8.4.4 Frequenzregelung 54

8.4.5 Synthetische Trägheit 56

8.4.6 Blindleistungsregelung 57

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

Seite

8.5 Dynamisches Betriebsverhalten ... 60
8.5.1 Allgemeines ... 60
8.5.2 Netzstützung im Fehlerfall ... 60
8.6 Trennung vom Verbundnetz ... 68
8.6.1 Allgemeines ... 68
8.6.2 Netzschutz ... 68
8.6.3 Prüfung der Schutzeinrichtung für die Änderungsgeschwindigkeit der Frequenz RoCoF (d*f*/d*t*) ... 72
8.6.4 Prüfung des Wiederanschlusses ... 73
Anhang A (informativ) Aufzeichnungen ... 74
A.1 Überblick ... 74
A.2 Allgemeines ... 74
A.3 Aspekte der Spannungsqualität ... 76
A.4 Stationärer Betrieb ... 85
A.5 Dynamisches Betriebsverhalten (siehe 8.5) ... 103
A.6 Trennung vom Verbundnetz (siehe 8.6) ... 107
Anhang B (informativ) Spannungsschwankungen und Flicker ... 111
B.1 Dauerbetrieb ... 111
B.2 Schaltvorgänge ... 111
B.3 Nachweisprüfung des Messverfahrens für den Flicker ... 112
B.3.1 Allgemeines ... 112
B.3.2 Leistungsprüfung des fiktiven Netzes ... 114
B.3.3 Verzerrte Spannung u_m(t) mit mehreren Nulldurchgängen ... 114
B.3.4 Verzerrte Spannung $u_m(t)$ mit Modulation durch Zwischenharmonische ... 114
B.3.5 Langsame Frequenzänderungen ... 115
B.4 Herleitung der Definitionen ... 115
B.4.1 Flickerbeiwert ... 115
B.4.2 Flickerformfaktor ... 116
B.4.3 Spannungsänderungsfaktor ... 117
Anhang C (normativ) Messung von Wirkleistung, Blindleistung und Spannung ... 118
C.1 Allgemeines ... 118
C.2 Erzeugerzählpfeilsystem ... 118
C.3 Berechnung von Mit-, Gegen- und Nullsystemgrößen ... 119
C.3.1 Zeigerberechnungen ... 119
C.3.2 Berechnung der Mitsystemgrößen mit den Zeigerkomponenten ... 122
C.3.3 Berechnung der Gegensystemgrößen mit den Zeigerkomponenten ... 123
C.3.4 Berechnung der Nullsystemgrößen mit den Zeigerkomponenten ... 124
Anhang D (informativ) Bewertung von Oberschwingungen ... 125
D.1 Allgemeines ... 125

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

Seite

D.2 Allgemeine Analyseverfahren 125
D.2.1 Allgemeines 125
D.2.2 Oberschwingungsspannungen 125
D.2.3 Phasenwinkel und Größe von Oberschwingungen 125
D.2.4 Statistische Analyse 129
D.2.5 Einstellung der Abtastrate 129
D.2.6 Bestimmung der Verzerrung der Hintergrund-Oberschwingungsspannung 129
D.2.7 Tägliche Schwankungen von Oberschwingungsspannung und -strom 129
D.2.8 Abschalten benachbarter WEA oder Lasten 130
D.2.9 Oberschwingungen von Strom und Spannung über der Leistung 130
D.2.10 Schalten von Filtern 131
D.2.11 Messung an einer Standardquelle 132
D.2.12 Leistungsfluss von Oberschwingungen + Spannungsmessung, Phasenwinkel 132
D.2.13 Spannungsoberschwingungen mit und ohne Betrieb der geprüften WEA 133
D.2.14 Messung an verschiedenen Standorten 134
D.2.15 Oberschwingungsmodell 134
D.3 Bestimmung der durch Raumharmonische beeinflussten Oberschwingungsamplitude an DFAG-Systemen 134
Anhang E (informativ) Bewertung der Spannungsqualität von Windenergieanlagen und Windkraftwerken 136
E.1 Allgemeines 136
E.2 Spannungsschwankungen 136
E.2.1 Allgemeines 136
E.2.2 Dauerbetrieb 137
E.2.3 Schaltvorgänge 137
E.3 Oberschwingungen, Zwischenharmonische und höhere Frequenzanteile 138
Anhang F (informativ) Leitfaden für die Übertragbarkeit der Prüfergebnisse auf andere WEA-Varianten derselben Produktplattform 140
Literaturhinweise 144

Bilder

Bild 1 – Beispiel für Sprungantwort 23
Bild 2 – Beschreibung des Messsystems mit den wichtigsten Komponenten 33
Bild 3 – Fiktives Netz zur Nachbildung der fiktiven Spannung 35
Bild 4 – Wirkleistung als Funktion der Windgeschwindigkeit (Beispiel) 43
Bild 5 – Anzahl der Messungen in Leistungs-Bins (Beispiel) 44
Bild 6 – Anzahl der Messungen in Windgeschwindigkeits-Bins (Beispiel) 44
Bild 7 – Beispieldiagramm für die PQ-Fähigkeit bei einer bestimmten Spannung auf WEA-Niveau 47
Bild 8 – Einstellung des Wirkleistungs-Bezugswertes 50
Bild 9 – Beispiel für einen Ansprechschritt der Wirkleistung 50

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

Seite

Bild 10 – Beispiel für verfügbare Wirkleistung und Wirkleistung bei Begrenzung der Anstiegsgeschwindigkeit 53
Bild 11 – Beispiel für eine Wirkleistungsregelfunktion $P = f(f)$ mit den verschiedenen Messpunkten und den zugehörigen Stufen der Frequenz 54
Bild 12 – Synthetische Trägheit – Festlegungen 57
Bild 13 – Prüfung des statischen Fehlers 58
Bild 14 – Prüfung des dynamischen Ansprechverhaltens (Beispiel) 59
Bild 15 – Beispiel für eine UVRT-Prüfeinrichtung 61
Bild 16 – Toleranzen der Mitsystemspannung für das Unterspannungsereignis bei freigeschalteter, zu prüfender WEA 62
Bild 17 – Toleranz der Mitsystemspannung für das Überspannungsereignis 63
Bild 18 – Beispiel für eine OVRT-Prüfeinrichtung mit Kondensator L 64
Bild 19 – Beispiel für ein Diagramm für die Unterspannungsprüfung 65
Bild 20 – Beispiel für eine Überspannungsfähigkeitskurve 66
Bild 21 – Beispiel für einen stufenförmigen Anstiegsvorgang für die Prüfung bei Überspannung oder -frequenz 70
Bild 22 – Beispiel für einen impulsförmigen Anstiegsvorgang für die Prüfung bei Überspannung oder -frequenz 71
Bild 23 – Beispiel für Prüfpegel für die Bestimmung der Auslösezeit 71
Bild A.1 – Spannungsflicker P_{st} in Abhängigkeit von der Wirkleistung 76
Bild A.2 – Flickerbeiwert $c(30°)$ in Abhängigkeit von der Wirkleistung 76
Bild A.3 – Flickerbeiwert $c(50°)$ in Abhängigkeit von der Wirkleistung 76
Bild A.4 – Flickerbeiwert $c(70°)$ in Abhängigkeit von der Wirkleistung 77
Bild A.5 – Flickerbeiwert $c(85°)$ in Abhängigkeit von der Wirkleistung 77
Bild A.6 – Zeitreihen von Dreiphasenspannungen als Effektivwert des Einschaltens bei einer Windgeschwindigkeit von ... m/s 77
Bild A.7 – Zeitreihen von Dreiphasenströmen als Effektivwert des Einschaltens bei einer Windgeschwindigkeit von ... m/s 78
Bild A.8 – Zeitreihen von Wirk- und Blindleistung des Einschaltens bei einer Windgeschwindigkeit von ... m/s 78
Bild A.9 – Zeitreihen von Dreiphasenspannungen als Effektivwert des Einschaltens bei Nennwirkleistung 78
Bild A.10 – Zeitreihen von Dreiphasenströmen als Effektivwert des Einschaltens bei Nennwirkleistung 79
Bild A.11 – Zeitreihen von Wirk- und Blindleistung des Einschaltens bei Nennwirkleistung 79
Bild A.12 – Zeitreihen von Dreiphasenspannungen als Effektivwert des Wechsels von Generatorstufe 1 zu Stufe 2 79
Bild A.13 – Zeitreihen von Dreiphasenströmen als Effektivwert des Wechsels von Generatorstufe 1 zu Stufe 2 80
Bild A.14 – Zeitreihen von Wirk- und Blindleistung des Wechsels von Generatorstufe 1 zu Stufe 2 80
Bild A.15 – Zeitreihen von Dreiphasenspannungen als Effektivwert des Wechsels von Generatorstufe 2 zu Stufe 1 80
Bild A.16 – Zeitreihen von Dreiphasenströmen als Effektivwert des Wechsels von Generatorstufe 2

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

Seite

zu Stufe 1 80
Bild A.17 – Zeitreihen von Wirk- und Blindleistung des Wechsels von Generatorstufe 2 zu Stufe 1 80
Bild A.18 – Maximum der 95. Perzentile der ganzzahligen Oberschwingungsströme in Abhängigkeit von der Ordnungszahl der Oberschwingung 85
Bild A.19 – Maximum der 95. Perzentile der Zwischenharmonischen der Ströme in Abhängigkeit von der Frequenz 85
Bild A.20 – Maximum der 95. Perzentile von höherfrequenten Stromanteilen in Abhängigkeit von der Frequenz 85
Bild A.21 – Wirkleistung in Anhängigkeit der Windgeschwindigkeit 86
Bild A.22 – Blindleistung in Abhängigkeit von der Wirkleistung 87
Bild A.23 – *PQ*-Diagramm 88
Bild A.24 – *PQ*-Diagramm 89
Bild A.25 – *PQ*-Diagramm 90
Bild A.26 – Mittlerer Unsymmetriegrad des Stroms in Abhängigkeit von der Wirkleistung 91
Bild A.27 – Zeitreihen von Wirkleistungsbezugswerten, verfügbarer Leistung und gemessener Wirkleistungsabgabe während der Wirkleistungsregelung für die Bewertung des statischen Fehlers 91
Bild A.28 – Zeitreihe der gemessenen Windgeschwindigkeit während der Wirkleistungsregelung während der Prüfung des statischen Fehlers 91
Bild A.29 – Zeitreihen von Wirkleistungsbezugswerten, verfügbarer Leistung und gemessener Wirkleistungsabgabe während der Wirkleistungsregelung für die Bewertung der Einschwingzeit 92
Bild A.30 – Zeitreihen der verfügbaren und gemessenen Wirkleistungsabgabe während der Begrenzung der Anstiegsgeschwindigkeit 92
Bild A.31 – Zeitreihe der gemessenen Windgeschwindigkeit während der Begrenzung der Anstiegsgeschwindigkeit 93
Bild A.32 – Zeitreihen der verfügbaren und gemessenen Wirkleistungsabgabe während der Begrenzung der Anstiegsgeschwindigkeit 93
Bild A.33 – Zeitreihe der gemessenen Windgeschwindigkeit während der Begrenzung der Anstiegsgeschwindigkeit 93
Bild A.34 – Zeitreihen der verfügbaren und gemessenen Wirkleistungsabgabe während der Begrenzung der Anstiegsgeschwindigkeit 94
Bild A.35 – Zeitreihe der gemessenen Windgeschwindigkeit während der Begrenzung der Anstiegsgeschwindigkeit 94
Bild A.36 – Zeitreihen der verfügbaren und gemessenen Wirkleistungsabgabe während der Begrenzung der Anstiegsgeschwindigkeit 95
Bild A.37 – Zeitreihe der gemessenen Windgeschwindigkeit während der Begrenzung der Anstiegsgeschwindigkeit 95
Bild A.38 – Zeitreihen der verfügbaren Leistung, gemessenen Wirkleistung und des Bezugswerts der Netzfrequenzänderung 96
Bild A.39 – Zeitreihe der gemessenen Windgeschwindigkeit 96
Bild A.40 – Gemessene Wirkleistung in Abhängigkeit von der Frequenzänderung 96
Bild A.41 – Zeitreihen der verfügbaren Leistung, gemessenen Wirkleistung und des Bezugswerts der Netzfrequenzänderung 97
Bild A.42 – Zeitreihen der gemessenen Windgeschwindigkeit 97

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

Seite

Bild A.43 – Gemessene Wirkleistung in Abhängigkeit von der Frequenzänderung 97
Bild A.44 – Prüfung 1: Zeitreihen der verfügbaren Leistung, gemessenen Wirkleistung und des Bezugswerts der Netzfrequenz für $0{,}25 \times P_n < P < 0{,}5 \times P_n$ 98
Bild A.45 – Prüfung 1: Zeitreihen der Windgeschwindigkeit für $0{,}25 \times P_n < P < 0{,}5 \times P_n$ 99
Bild A.46 – Prüfung 2: Zeitreihen der verfügbaren Leistung, gemessenen Wirkleistung und des Bezugswerts der Netzfrequenz für $0{,}25 \times P_n < P < 0{,}5 \times P_n$ 99
Bild A.47 – Prüfung 2: Zeitreihe der Windgeschwindigkeit für $0{,}25 \times P_n < P < 0{,}5 \times P_n$ 99
Bild A.48 – Prüfung 3: Zeitreihen der verfügbaren Leistung, gemessenen Wirkleistung und des Bezugswerts der Netzfrequenz für $P > 0{,}8 \times P_n$ 99
Bild A.49 – Prüfung 3: Zeitreihe der Windgeschwindigkeit für $P > 0{,}8 \times P_n$ 99
Bild A.50 – Prüfung 4: Zeitreihen der verfügbaren Leistung, gemessenen Wirkleistung und des Bezugswerts der Netzfrequenz für $P > 0{,}8 \times P_n$ 100
Bild A.51 – Prüfung 4: Zeitreihe der Windgeschwindigkeit für $P > 0{,}8 \times P_n$ 100
Bild A.52 – Prüfung 5: Zeitreihen der verfügbaren Leistung, gemessenen Wirkleistung und des Bezugswerts der Netzfrequenz für $v > v_n$ 100
Bild A.53 – Prüfung 5: Zeitreihe der Windgeschwindigkeit für $v > v_n$ 100
Bild A.54 – Prüfung 6: Zeitreihen der verfügbaren Leistung, gemessenen Wirkleistung und des Bezugswerts der Netzfrequenz für $v > v_n$ 100
Bild A.55 – Prüfung 6: Zeitreihe der Windgeschwindigkeit für $v > v_n$ 101
Bild A.56 – Zeitreihen der Blindleistungs-Sollwerte und der gemessenen Blindleistung während der Prüfung der Blindleistungsregelung 101
Bild A.57 – Zeitreihe der Wirkleistung während der Prüfung der Blindleistungsregelung 102
Bild A.58 – Zeitreihen der Blindleistungs-Sollwerte und der gemessenen Blindleistung während der Prüfung des dynamischen Ansprechverhaltens der Blindleistung 102
Bild A.59 – Zeitreihe der Wirkleistung während der Prüfung des dynamischen Ansprechverhaltens der Blindleistung 102
Bild A.60 – Wellenform von Dreiphasenspannungen während des Startzeitpunkts von Spannungseinbruch/-überhöhung, wenn die zu prüfende WEA nicht angeschlossen ist 103
Bild A.61 – Wellenform von Dreiphasenspannungen während der Beseitigung von Spannungseinbruch/-überhöhung, wenn die zu prüfende WEA nicht angeschlossen ist 104
Bild A.62 – Dreiphasenspannungen als Effektivwert (eine Netzperiode) während der Prüfung, wenn die zu prüfende WEA nicht angeschlossen ist 104
Bild A.63 – Mitsystemspannung während der Prüfung, wenn die zu prüfende WEA nicht angeschlossen ist 104
Bild A.64 – Wellenform von Dreiphasenspannungen während des Startzeitpunkts von Spannungseinbruch/-überhöhung, wenn die zu prüfende WEA angeschlossen ist 106
Bild A.65 – Wellenform von Dreiphasenspannungen während der Beseitigung von Spannungseinbruch/-überhöhung, wenn die zu prüfende WEA angeschlossen ist 106
Bild A.66 – Dreiphasenspannungen als Effektivwert (eine Netzperiode) während der Prüfung, wenn die zu prüfende WEA angeschlossen ist 106
Bild A.67 – Mitsystem- und Gegensystemspannung der Grundschwingung während der Prüfung, wenn die zu prüfende WEA angeschlossen ist 106

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

Seite

Bild A.68 – Dreiphasenströme als Effektivwert (eine Netzperiode) während der Prüfung, wenn die zu prüfende WEA angeschlossen ist 106

Bild A.69 – Mitsystem- und Gegensystemstrom der Grundschwingung während der Prüfung, wenn die zu prüfende WEA angeschlossen ist 106

Bild A.70 – Mitsystemwirkleistung der Grundschwingung während der Prüfung, wenn die zu prüfende WEA angeschlossen ist 107

Bild A.71 – Mitsystemblindleistung der Grundschwingung während der Prüfung, wenn die zu prüfende WEA angeschlossen ist 107

Bild A.72 – Mitsystemwirkstrom der Grundschwingung während der Prüfung, wenn die zu prüfende WEA angeschlossen ist 107

Bild A.73 – Mitsystemblindstrom der Grundschwingung während der Prüfung, wenn die zu prüfende WEA angeschlossen ist 107

Bild A.74 – Windgeschwindigkeit oder verfügbare Leistung während der Prüfung, wenn die zu prüfende WEA angeschlossen ist 107

Bild A.75 – Spannung während der Prüfung des Wiederanschlusses von 10 s 109

Bild A.76 – Wirkleistung während der Prüfung des Wiederanschlusses von 10 s, einschließlich Ausregelung 109

Bild A.77 – Zeitreihe der gemessenen Windgeschwindigkeit während der Prüfung des Wiederanschlusses von 10 s 109

Bild A.78 – Spannung während der Prüfung des Wiederanschlusses von 60 s 109

Bild A.79 – Wirkleistung während der Prüfung des Wiederanschlusses von 60 s, einschließlich Ausregelung 110

Bild A.80 – Zeitreihe der gemessenen Windgeschwindigkeit während der Prüfung des Wiederanschlusses von 60 s 110

Bild A.81 – Spannung während der Prüfung des Wiederanschlusses von 600 s 110

Bild A.82 – Wirkleistung während der Prüfung des Wiederanschlusses von 600 s, einschließlich Ausregelung 110

Bild A.83 – Zeitreihe der gemessenen Windgeschwindigkeit während der Prüfung des Wiederanschlusses von 600 s 110

Bild B.1 – Messverfahren für den Flicker während des Dauerbetriebs der WEA 111

Bild B.2 – Messverfahren für Spannungsänderungen und für den Flicker während Schaltvorgängen der WEA 112

Bild C.1 – Positive Richtungen von Wirkleistung, Blindleistung, Phasenwinkel der Momentanspannungen und Phasenwinkel der Momentanströme mit Erzeugerzählpfeilsystem 118

Bild C.2 – Beispiele für Zeigerdiagramme der Leistung entsprechend dem Erzeugerzählpfeilsystem in jedem Quadranten mit den zugehörigen Phasenwinkeln von Momentanspannung und -strom 119

Bild D.1 – Definition der Phasenwinkel der Spektrallinie im Erzeugerzählpfeilsystem – (Oberschwingung 5. Ordnung mit $\alpha I5 = +120°$ und $\alpha U5 = +170°$ dargestellt als ein Beispiel, der Oberschwingungsphasenwinkel 5. Ordnung beträgt damit $\varphi 5 = +170° - 120° = +50°$) 126

Bild D.2 – Vergleich der zusammengefassten Oberschwingungsamplitude (gepunktet) und nicht zusammengefasster Amplitude (gestrichelt) , direkt aus der DFT mit 10-Perioden-Fenster, 10-s-Zusammenfassung 127

Bild D.3 – Vergleich des Hauptwinkelverhältnisses (PAR) 128

Bild F.1 – Blockdiagramm für eine generische WEA (Quelle: IEC 61400-27-1) 141

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

Seite

Tabellen

Tabelle 1 – Übersicht über die geforderten Prüfniveaus 30
Tabelle 2 – Spezifikation von Anforderungen an die Messeinrichtung 33
Tabelle 3 – Anzahl der 10-min-Zeitreihen je Windgeschwindigkeits-Bin 43
Tabelle 4 – Anzahl der Messungen je Leistungs-Bin (10-min-Mittelwert) 43
Tabelle 5 – Gemessene Werte der höchsten Wirkleistung 45
Tabelle 6 – Genauigkeit der Führungswerte der Wirkleistung 51
Tabelle 7 – Ergebnisse der Wirkleistungs-Bezugswertprüfung 51
Tabelle 8 – Berechnung der Anstiegsgeschwindigkeit der Wirkleistung 53
Tabelle 9 – Beispiel für Einstellungen für die frequenzabhängige Wirkleistungsfunktion 56
Tabelle 10 – Prüfung des statischen Fehlers 60
Tabelle 11 – Prüfung des dynamischen Ansprechverhaltens 60
Tabelle 12 – Beispiel für Unterspannungsereignisse 65
Tabelle 13 – Beispiel für Überspannungsereignisse 67
Tabelle 14 – Prüfungen zum Netzschutz 69
Tabelle A.1 – Allgemeine Angaben des Berichts 74
Tabelle A.2 – Allgemeine Daten 75
Tabelle A.3 – Nenndaten 75
Tabelle A.4 – Prüfbedingungen 75
Tabelle A.5 – Flickerbeiwert je Leistungs-Bin (95. Perzentil) 76
Tabelle A.6 – Einschalten bei Einschaltwindgeschwindigkeit 77
Tabelle A.7 – Einschalten bei Nennwirkleistung 78
Tabelle A.8 – Ungünstigster Fall des Schaltens zwischen Generatoren 79
Tabelle A.9 – Allgemeine Prüfangaben 81
Tabelle A.10 – 95. Perzentil der 10-min-Mittelwerte der Oberschwingungsamplituden je Leistungs-Bin 81
Tabelle A.11 – 95. Perzentil der 10-min-Oberschwingungsamplituden je Leistungs-Bin 83
Tabelle A.12 – 95. Perzentil der 10-min-Oberschwingungsamplituden je Leistungs-Bin 84
Tabelle A.13 – Wirkleistung als Funktion der Windgeschwindigkeit (siehe 8.3.2) 85
Tabelle A.14 – Datensatz der Messung 86
Tabelle A.15 – Höchste Wirkleistung 86
Tabelle A.16 – Blindleistungskennlinie 87
Tabelle A.17 – PQ-Diagramm 88
Tabelle A.18 – PQ-Diagramm bei höchster Spannung 89
Tabelle A.19 – PQ-Diagramm bei niedrigster Spannung 90
Tabelle A.20 – P-IUF_i-Diagramm 90
Tabelle A.21 – Allgemeine Prüfangaben 91
Tabelle A.22 – Statischer Fehler 91

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

Seite

Tabelle A.23 – Dynamisches Ansprechverhalten 92
Tabelle A.24 – Allgemeine Prüfangaben 92
Tabelle A.25 – Berechnung der Anstiegsgeschwindigkeit der Wirkleistung beim Einschalten 92
Tabelle A.26 – Allgemeine Prüfangaben 93
Tabelle A.27 – Begrenzung der Anstiegsgeschwindigkeit der Wirkleistung beim Einschalten 93
Tabelle A.28 – Allgemeine Prüfangaben 94
Tabelle A.29 – Begrenzung der Anstiegsgeschwindigkeit der Wirkleistung bei normalem Stillsetzen 94
Tabelle A.30 – Allgemeine Prüfangaben 95
Tabelle A.31 – Begrenzung der Anstiegsgeschwindigkeit der Wirkleistung im Normalbetrieb 95
Tabelle A.32 – Allgemeine Prüfangaben 95
Tabelle A.33 – Prüfung bei $0{,}25 \times P_n < P < 0{,}5 \times P_n$ 96
Tabelle A.34 – Prüfung bei $P > 0{,}8 \times P_n$ 97
Tabelle A.35 – Ergebnisse der synthetischen Trägheit 98
Tabelle A.36 – Allgemeine Prüfangaben 101
Tabelle A.37 – Statischer Fehler 101
Tabelle A.38 – Dynamisches Ansprechverhalten 102
Tabelle A.39 – Ergebnisse von Prüfungen, bei denen die WEA nicht angeschlossen ist 103
Tabelle A.40 – Ergebnisse von Prüfungen, bei denen die WEA angeschlossen ist 105
Tabelle A.41 – Spannungsschutz 108
Tabelle A.42 – Frequenzschutz 108
Tabelle A.43 – Prüfung des vollständigen Auslösekreises 108
Tabelle A.44 – RoCoF-Prüfergebnisse 108
Tabelle A.45 – RoCoF-Prüfangaben 108
Tabelle A.46 – Prüfergebnisse des Wiederanschlusses 109
Tabelle B.1 – Bei den Nachweisprüfungen verwendete Nennwerte der WEA 112
Tabelle B.2 – Relative Schwankungen des Eingangsstroms $\Delta I/I$ für den Flickerbeiwert $c(\psi_k) = 2{,}00 \pm 5$ % bei $S_{k,fic} = 20\ S_n$ 113
Tabelle B.3 – Relative Schwankungen des Eingangsstroms $\Delta I/I$ für den Flickerbeiwert $c(\psi_k) = 2{,}00 \pm 5$ % bei $S_{k,fic} = 50\ S_n$ 113
Tabelle B.4 – Prüfspezifikation für die verzerrte Spannung mit mehreren Nulldurchgängen 114
Tabelle D.1 – Beispiel für die Darstellung der Messergebnisse 133
Tabelle E.1 – Festlegung von Exponenten nach IEC TR 61000-3-6 139
Tabelle F.1 – Hauptkomponenten, die die elektrischen Eigenschaften der WEA beeinflussen 142

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

Einleitung

Dieser Teil von IEC 61400 stellt eine einheitliche Methodik bereit, die die Übereinstimmung und Genauigkeit bei der Darstellung, Prüfung und Bewertung der elektrischen Kennwerte von netzgekoppelten Windenergieanlagen (WEA) sicherstellt. Die elektrischen Kennwerte umfassen Spezifikationen der WEA, sowie Leistungsvermögen, Spannungsqualität (Flickeremissionen und Oberschwingungsaussendungen), Unter- und Überspannungs-Überbrückungsverhalten, Wirkleistungsregelung, Frequenzregelung, Spannungsregelung und Blindleistungsregelung, Netzschutz und Wiederanschlusszeit.

Dieser Teil von IEC 61400 wurde mit der Erwartung erstellt, dass er angewendet wird von:

– WEA-Herstellern, die die Einhaltung genau bekannter Kennwerte anstreben;

– WEA-Käufern bei der Festlegung dieser Kennwerte;

– WEA-Betreibern, von denen eine Überprüfung verlangt werden kann, ob diese angegebenen oder geforderten elektrischen Kennwerte eingehalten werden;

– WEA-Planern oder -Einrichtern, die in der Lage sein müssen, die Auswirkungen einer WEA auf die Spannungsqualität genau und angemessen zu bestimmen, um sicherzustellen, dass die Anlage so ausgelegt ist, dass die Anforderungen an die Spannungsqualität beachtet werden;

– WEA-Zertifizierungsstellen oder -Prüforganisationen bei der Bewertung der elektrischen Kennwerte der WEA;

– Planern oder Einrichtern des elektrischen Netzes, die in der Lage sein müssen, den geforderten Verbundnetzanschluss einer WEA zu bestimmen.

Dieser Teil der IEC 61400 gibt Empfehlungen für die Vorbereitung der Messungen und für die Bewertung der Kennwerte netzgekoppelter WEA. Dieses Dokument unterstützt die Parteien, die an der Herstellung, Installationsplanung, Beschaffung von Genehmigungen, am Betrieb, an der Nutzung, der Prüfung und der Erstellung von Vorschriften für WEA beteiligt sind. Die in diesem Dokument empfohlenen Mess- und Auswertungstechniken sollten von allen Parteien angewendet werden, um sicherzustellen, dass die fortlaufende Entwicklung und der Betrieb von WEA in einer Atmosphäre einer folgerichtigen und exakten Kommunikation stattfindet.

Dieser Teil der IEC 61400 legt Mess- und Auswertungsverfahren vor, von denen angenommen wird, dass sie konsistente Ergebnisse liefern, die von anderen nachvollzogen werden können. Jede Auswahl der Prüfungen kann vorgenommen und gesondert angegeben werden.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 61400 umfasst:

- Begriffe und die Festlegung der Größen, die für die Charakterisierung der elektrischen Kennwerte einer netzgekoppelten WEA zu bestimmen sind;
- Messverfahren für die zahlenmäßige Festlegung der Kennwerte;
- Verfahren für die Bewertung der Übereinstimmung mit den Anforderungen an die Netzverträglichkeit einschließlich der Bewertung der Spannungsqualität, die vom WEA-Typ erwartet wird, wenn er an einem bestimmten Standort errichtet wird.

Die Messverfahren gelten für einzelne WEA mit einem dreiphasigen Netzanschluss. Die Messverfahren gelten für WEA jeder Größe, obwohl dieser Teil der IEC 61400 nur die Prüfung und Charakterisierung von WEA-Typen mit Anschluss an ein Elektrizitätsversorgungsnetz fordert, wie es in diesem Teil von IEC 61400 festgelegt ist.

Die gemessenen Kennwerte sind nur für die spezielle Konfiguration und die bestimmte Betriebsart der bewerteten WEA-Produktplattform gültig. Wenn eine gemessene Eigenschaft auf Betriebsführungsparametern beruht und das Verhalten der WEA für diese Eigenschaft verändert werden kann, dann wird dies im Prüfbericht angegeben. Beispiel: Netzschutz, bei dem der Abschaltpegel auf einem Parameter beruht und bei der Prüfung nur die ordnungsgemäße Funktion des Schutzes überprüft wird, nicht jedoch der spezifische Pegel.

Die Messverfahren sind so unabhängig vom Errichtungsort wie möglich angelegt, so dass die elektrischen Kennwerte, die beispielsweise am Prüfstandort gemessen wurden, auch an anderen Standorten als gültig betrachtet werden können.

Dieses Dokument gilt für die Prüfung von WEA; sämtliche Verfahren, Messungen und Prüfungen für Windkraftanlagen werden in IEC 61400-21-2 beschrieben.

Die Verfahren für die Bewertung der elektrischen Kennwerte gelten für WEA mit Anschluss an den Verknüpfungspunkt in Netzen mit stabiler Netzfrequenz.

ANMERKUNG Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe für die Netzspannung:

– Niederspannung (LV) bezieht sich auf $U_n \leq 1$ kV;

– Mittelspannung (MV) bezieht sich auf 1 kV < $U_n \leq 35$ kV;

– Hochspannung (HV) bezieht sich auf 35 kV < $U_n \leq 220$ kV;

– Höchstspannung (EHV) bezieht sich auf $U_n > 220$ kV.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 61000-3-2:2014, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase*

IEC 61000-3-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-3: Limits – Limits of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current < 16 A per phase and not subject to conditional connection*

IEC TR 61000-3-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-6: Limits – Assessment of emission limits for the connection of distorting installations to MV, HV and EHV power systems*

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

IEC TR 61000-3-7, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-7: Limits – Assessment of emission limits for the connection of fluctuating installations to MV, HV and EHV power systems*

IEC TR 61000-3-14, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-14: Assessment of emission limits for harmonics, interharmonics, voltage fluctuations and unbalance for the connection of disturbing installations to LV power systems*

IEC 61000-4-7:2002, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-7: Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto*
IEC 61000-4-7:2002/AMD1:2008

IEC 61000-4-15:2010, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-15: Testing and measurement techniques – Flickermeter – Functional and design specifications*

IEC 61000-4-30, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-30: Testing and measurement techniques – Power quality measurement methods*

IEC TR 61869-103:2012, *Instrument transformers – The use of instrument transformers for power quality measurement*

IEC 62008, *Performance characteristics and calibration methods for digital data acquisition systems and relevant software*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen Terminologiedatenbanken für die Nutzung in Normen unter den folgenden Adressen bereit:

– IEC Electropedia: zugänglich unter http://www.electropedia.org/
– ISO Online Browsing Platform: zugänglich unter http://www.iso.org/obp

3.1
Dauerbetrieb
normaler Betrieb der WEA mit Ausnahme von Schaltvorgängen

3.2
Einschaltwindgeschwindigkeit
kleinste Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe, bei der die Windturbine beginnt, Leistung zu erzeugen

[QUELLE: IEC 60050-415:1999, 415-03-05]

3.3
Abschaltzeit
Dauer vom Überschreiten eines vorgegebenen Abschaltpegels bis zur physikalischen Abschaltung der WEA vom Netz

3.4
Flickerbeiwert für den Dauerbetrieb
$c(\psi_k)$
normiertes Maß der Flickeremission beim Dauerbetrieb der WEA

$$c(\psi_k) = P_{st,fic} \times \frac{S_{k,fic}}{S_n}$$

Dabei ist

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

$P_{st,fic}$ die Kurzzeit-Flickerstärke der WEA am fiktiven Netz;

S_n die Nennscheinleistung der WEA;

$S_{k,fic}$ die Kurzschlussscheinleistung des fiktiven Netzes

3.5
Flickerformfaktor
$k_f(\psi_k)$
normiertes Maß der Flickeremission aufgrund eines einzelnen Schaltvorganges der WEA

$$k_f(\psi_k) = \frac{1}{130} \times \frac{S_{k,fic}}{S_n} \times P_{st,fic} \times T_p^{0,31}$$

Dabei ist

T_p die Messdauer in Sekunden, die lang genug sein muss, um das Abklingen der Transienten des Schaltvorganges sicherzustellen, jedoch auch begrenzt werden muss, um mögliche Leistungsschwankungen aufgrund von Turbulenzen auszuschließen;

$P_{st,fic}$ die Kurzzeit-Flickerstärke der WEA am fiktiven Netz;

S_n die Nennscheinleistung der WEA;

$S_{k,fic}$ die Kurzschlussscheinleistung des fiktiven Netzes

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Kurzzeit-Flickerstärke $P_{st,fic}$ wird hierbei über die Dauer T_p bewertet.

3.6
größte gemessene Leistung
höchster gemessener Wert der Wirkleistung (mit einer festgelegten Zeit, über der der Mittelwert gebildet wird), die beim Dauerbetrieb der WEA beobachtet wird

3.7
Phasenwinkel der Netzimpedanz
ψ_k
Phasenwinkel der Netzkurzschlussimpedanz

$$\psi_k = \arctan(X_k / R_k)$$

Dabei ist

X_k der Kurzschlussblindwiderstand des Netzes;

R_k der Kurzschlusswirkwiderstand des Netzes.

3.8
Normalbetrieb
fehlerfreier Betrieb, der der Beschreibung im WEA-Handbuch entspricht

3.9
Betriebsart
Betrieb entsprechend einer Einstellung der Betriebsführung wie Spannungsregelung, Frequenzregelung, Blindleistungsregelung, Wirkleistungsregelung usw.

3.10
Ausgangsleistung
elektrische Wirkleistung, die an den Anschlüssen der WEA abgegeben wird

[QUELLE: IEC 60050-415:1999, 415-04-02, modifiziert – „die von einer Windenergieanlage abgegeben wird“ wurde ersetzt durch „die an den Anschlüssen der WEA abgegeben wird“.]

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

3.11
Verknüpfungspunkt
PCC
Punkt in einem Elektrizitätsversorgungsnetz, der elektrisch einem speziellen Verbraucher am nächsten liegt und an den andere Verbraucher angeschlossen sein können

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Verbraucher können entweder Geräte, Einrichtungen oder Systeme oder bestimmte Anlagen beim Kunden sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: In einigen Anwendungen ist die Benennung „Verknüpfungspunkt“ auf öffentliche Netze beschränkt.

Anmerkung 3 zum Begriff: Diese Anmerkung gilt nur für die französische Sprachfassung.

[QUELLE: IEC 60050-161:1990, 161-07-15, modifiziert – „sind oder sein können“ wurde ersetzt durch „sein können“.]

3.12
elektrisches Kraftwerksnetz
elektrisches Netz, das die Ausgangsleistung einer Windenergieanlage aufnimmt und in ein elektrisches Versorgungsnetz einspeist

[QUELLE: IEC 60050-415:1999, 415-04-06, modifiziert – „generator system“ wurde gestrichen (gilt für die englische Sprachfassung) und „auf eine höhere Spannungsebene umspannenden Transformator oder an elektrische Verbraucher“ wurde ersetzt durch „ein elektrisches Versorgungsnetz“.]

3.13
Nennscheinleistung
S_n
Scheinleistung der WEA, wenn diese bei Nennstrom und Nennspannung und -frequenz betrieben wird

$$S_n = \sqrt{3} U_n I_n \text{ bei } Q = 0$$

Dabei ist

U_n die Nennspannung;

I_n der Nennstrom

3.14
Nennstrom

Nennwert I_n des WEA-Stroms, der aus der Nennwirkleistung P_n und der Nennspannung U_n mit $I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} U_n}$

berechnet wird

3.15
Nennwirkleistung
Nennwert der WEA-Wirkleistung, der vom Hersteller angegeben wird und der als relative Grundzahl (p. u.) für alle Leistungen (Wirk-, Blind-, Scheinleistung) herangezogen wird

3.16
***Q*-Fähigkeit**
Blindleistungsfähigkeit einer WEA, die anhand der Fähigkeitskurve oder durch standortspezifische Prüfung gemessen oder vom Hersteller bestimmt wird

3.17
Nennwindgeschwindigkeit
Windgeschwindigkeit, bei der die Nennwirkleistung einer WEA erreicht wird

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

[QUELLE: IEC 60050-415:1999, 415-03-04, modifiziert – die definierte Benennung „Bemessungswindgeschwindigkeit“ wurde in „Nennwindgeschwindigkeit“ geändert.]

3.18
Stillstand
Zustand einer WEA, die stillgesetzt wurde

[QUELLE: IEC 60050-415:1999, 415-01-15, modifiziert – „wind turbine generator system“ wurde in der englischen Sprachfassung ersetzt durch „wind turbine“.]

3.19
Einschalten
Übergangszustand einer WEA zwischen Stillstand und Leistungserzeugung

3.20
Kurzschlussverhältnis
SCR
Verhältnis der Kurzschluss-Scheinleistung S_k zur Nennwirkleistung S_n

$$SCR = \frac{S_k}{S_n}$$

3.21
Schaltvorgang
Einschalten oder Abschalten der WEA oder Schalten zwischen Generatoren in der WEA

3.22
Turbulenzintensität
Verhältnis der Standardabweichung der Windgeschwindigkeit zur mittleren Windgeschwindigkeit, beide aus denselben Windgeschwindigkeits-Messdaten bestimmt, die über eine festgelegte Dauer ermittelt wurden

[QUELLE: IEC 60050-415:1999, 415-03-25]

3.23
Spannungsänderungsfaktor
$k_u(\psi_k)$
normiertes Maß der Spannungsänderung aufgrund eines Schaltvorganges der WEA:

$$k_u(\psi_k) = \sqrt{3} \times \frac{U_{fic,max} - U_{fic,min}}{U_n} \times \frac{S_{k,fic}}{S_n}$$

Dabei ist

$U_{fic,min}$ und $U_{fic,max}$ der kleinste und der größte Effektivwert einer Periode der Außenleiter-Neutralleiter-Spannung am fiktiven Netz während des Schaltvorganges;

U_n der Nennwert der Außenleiter-Außenleiter-Spannung;

S_n die Nennscheinleistung der WEA;

$S_{k,fic}$ die Kurzschlussscheinleistung des fiktiven Netzes.

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Spannungsänderungsfaktor k_u ähnelt k_i, dem Verhältnis zwischen dem größten Einschaltstrom und dem Nennstrom, jedoch ist k_u eine Funktion des Phasenwinkels der Netzimpedanz. Der höchste Wert von k_u liegt zahlenmäßig nahe k_i.

3.24
Windturbine
WEA
System, das kinetische Energie des Windes in elektrische Energie umwandelt

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Anmerkung gilt nur für die französische Sprachfassung.

3.25
Anschlussklemmen der Windenergieanlage
Punkt, der Teil der WEA ist und vom Hersteller der WEA als ein Punkt gekennzeichnet wird, an dem die WEA an das elektrische Kraftwerksnetz angeschlossen werden kann

3.26
Spannungseinbruch
zeitlich begrenzte, nichtperiodische plötzliche Verringerung der Spannungsamplitude des Stromversorgungsnetzes, die mit einer Phasenänderung verbunden ist

Anmerkung 1 zum Begriff: In einigen Beiträgen, Veröffentlichungen usw. wird für das gleiche Ereignis der Ausdruck „Spannungsabsenkung" verwendet.

3.27
Spannungsüberhöhung
zeitlich begrenzter, nichtperiodischer plötzlicher Anstieg der Spannungsamplitude des Stromversorgungsnetzes über ihren Nennwert, die mit einer Phasenänderung der Spannung verbunden ist

3.28
Netzstützung im Fehlerfall
FRT
Fähigkeit einer WEA oder eines Windkraftwerks, bei Fehlern im Netz verbunden zu bleiben

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Anmerkung gilt nur für die französische Sprachfassung.

3.29
Netzstützung bei Unterspannung
UVRT
Fähigkeit einer Windenergieanlage oder eines Windkraftwerks, bei Spannungseinbrüchen mit dem Netz verbunden zu bleiben

Anmerkung 1 zum Begriff: In einigen Veröffentlichungen wird für das gleiche Ereignis der Ausdruck „Netzstützung bei Niederspannung (LVRT)" verwendet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Diese Anmerkung gilt nur für die französische Sprachfassung.

3.30
Netzstützung bei Überspannung
OVRT
Fähigkeit einer WEA oder eines Windkraftwerks, bei Spannungsüberhöhungen verbunden zu bleiben

Anmerkung 1 zum Begriff: In einigen Veröffentlichungen wird für das gleiche Ereignis der Ausdruck „Netzstützung bei Hochspannung (HVRT)" verwendet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Diese Anmerkung gilt nur für die französische Sprachfassung.

3.31
Zeiger
Darstellung einer sinusförmigen Größe durch eine komplexe Größe, deren Argument gleich dem Nullphasenwinkel und deren Betrag gleich dem Effektivwert oder der Amplitude ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Für eine Größe $a(t) = A\sqrt{2}\cos(\omega t + \theta_0) = A_m\cos(\omega t + \theta_0)$ ist der Zeiger entweder $A e^{j\theta_0}$ oder $A_m e^{j\theta_0}$.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ein Zeiger kann auch graphisch dargestellt werden.

[QUELLE: IEC 60050-131:2002, 131-11-26, modifiziert – „Integral" (in Integralgröße) wurde gestrichen, „oder der Amplitude" wurde ergänzt und die Anmerkung 1 wurde abgeändert.]

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

3.32
Mitkomponente der Grundschwingung
bei einem Dreiphasensystem mit den Phasen L1, L2 und L3 haben die symmetrischen sinusförmigen Dreiphasenspannungen oder -ströme eine positive Frequenz, die gleich der Grundschwingungsfrequenz ist. Die Mitkomponente ist durch die folgende komplexe mathematische Beziehung definiert:

$$\underline{X}_1 = \frac{1}{3}\left(\underline{X}_{L1} + \underline{a}\,\underline{X}_{L2} + \underline{a}^2\,\underline{X}_{L3}\right)$$

dabei ist $\underline{a} = e^{j2\pi/3}$ der 120-Grad-Operator und $\underline{X}_{L1}$, $\underline{X}_{L2}$ und $\underline{X}_{L3}$ sind die komplexen Ausdrücke der betreffenden Grundschwingungs-Phasengrößen, d. h. der Strom- oder Spannungszeiger

Anmerkung 1 zum Begriff: In einem symmetrischen oberschwingungsfreien System ist nur die Mitkomponente der Grundschwingung vorhanden. Zum Beispiel, wenn die Zeiger der Phasenspannung symmetrisch sind $U_{L1} = Ue^{j\theta}$, $U_{L2} = Ue^{j(\theta+4\pi/3)}$ und $U_{L3} = Ue^{j(\theta+2\pi/3)}$ dann ist $U_1 = (Ue^{j\theta} + e^{j2\pi/3}\,Ue^{j(\theta+4\pi/3)} + e^{j4\pi/3}\,Ue^{j(\theta+2\pi/3)})/3 = (Ue^{j\theta} + Ue^{j\theta} + Ue^{j\theta})/3 = Ue^{j\theta}$.

[QUELLE: IEC 60050-448:1995, 448-11-27, modifiziert – die Begriffe wurden geändert und die Anmerkung 1 zum Begriff wurde ergänzt.]

3.33
Gegenkomponente der Grundschwingung
bei einem Dreiphasensystem mit den Phasen L_1, L_2 und L_3 haben die symmetrischen sinusförmigen Dreiphasenspannungen oder -ströme eine negative Frequenz, deren Absolutwert gleich der Grundschwingungsfrequenz ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Gegenkomponente ist durch die folgende komplexe mathematische Beziehung definiert:

$$\underline{X}_2 = \frac{1}{3}\left(\underline{X}_{L_1} + \underline{a}^2\underline{X}_{L_2} + \underline{a}\underline{X}_{L_3}\right)$$

dabei ist $a\,e^{j2\pi/3}$ der 120-Grad-Operator und $\underline{X}_{L1}$, $\underline{X}_{L2}$ und $\underline{X}_{L3}$ sind die komplexen Ausdrücke der betreffenden Grundschwingungs-Phasengrößen, d. h. der Strom- oder Spannungszeiger

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Gegenkomponenten von Spannung oder Strom dürfen nur dann signifikant sein, wenn die Spannungen bzw. Ströme unsymmetrisch sind. Zum Beispiel, wenn die Zeiger der Phasenspannung symmetrisch sind $U_{L1} = Ue^{j\theta}$, $U_{L2} = Ue^{j(\theta+4\pi/3)}$ und $U_{L3} = Ue^{j(\theta+2\pi/3)}$ dann ist $U_2 = (Ue^{j\theta} + e^{j4\pi/3}\,Ue^{j(\theta+4\pi/3)} + e^{j2\pi/3}\,Ue^{j(\theta+2\pi/3)})/3 = Ue^{j\theta}(1 + e^{j2\pi/3} + e^{j4\pi/3})/3 = 0$

[QUELLE: IEC 60050-448:1995, 448-11-28, modifiziert – die Begriffe wurden geändert und die zwei Anmerkungen zum Begriff wurden ergänzt.]

3.34
Nullkomponente der Grundschwingung
bei einem Dreiphasensystem mit den Phasen L1, L2 und L3 besitzen die phasengleichen sinusförmigen Spannungs- oder Stromkomponenten die Grundschwingungsfrequenz und die gleiche Amplitude in jeder der Phasen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Nullkomponente ist durch die folgende komplexe mathematische Beziehung definiert:

$$\underline{X}_0 = \frac{1}{3}\left(\underline{X}_{L1} + \underline{X}_{L2} + \underline{X}_{L3}\right)$$

Dabei sind $\underline{X}_{L1}$, $\underline{X}_{L2}$ und $\underline{X}_{L3}$ die komplexen Ausdrücke der betreffenden Grundschwingungs-Phasengrößen, d. h. der Strom- oder Spannungszeiger.

[QUELLE: IEC 60050-448:1995, 448-11-29, modifiziert – die Benennung und die Definition wurden geändert und die Anmerkung zum Begriff wurde ergänzt.]

AVA Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

3.35
Unsymmetriegrad
Maß der Unsymmetrie in einem Drehstromnetz, ausgedrückt als Verhältnis $|\underline{X}_2/\underline{X}_1|$ der Werte von Gegenkomponente $\underline{X}_2$ und Mitkomponente $\underline{X}_1$ von Spannung oder Strom (angegeben in Prozent)

[QUELLE: IEC 60050-614:2016, 614-01-33, modifiziert – die Formelzeichen wurden ergänzt.]

3.36
Schnittstelle der Betriebsführung
Punkt, der ein Teil der WEA ist und vom Lieferanten der WEA gekennzeichnet wird, an dem die WEA an das elektrische Kraftwerksanlagen-Steuersystem angeschlossen werden darf

3.37
Windkraftwerk
Kraftwerk, das aus einer oder mehreren Windenergieanlage(n), Hilfseinrichtungen und dem Betriebsführungssystem der Anlage besteht

3.38
Gutachter
Stelle, die für die Begutachtung akkreditiert ist

3.39
Zeitreihen
Aufzeichnung, die aus Zahlenwerten eines zeitveränderlichen Signals aus äquidistanten Abtastungen besteht

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Abtastungen dürfen ein gemessenes Signal oder Daten verarbeiteter Messwerte darstellen.

3.40
Kurzschlussscheinleistung
S_k
Produkt des Stroms im Kurzschluss an einem Punkt in einem System und einer vereinbarten Spannung, üblicherweise der Betriebsspannung

3.41
Perzentil
Wert einer Variablen, der unter einem bestimmten Prozentsatz von Beobachtungen liegt

3.42
synthetische Trägheit
Wirkleistungserzeugung einer WEA oder eines Windkraftwerks als Funktion der Zeit nach einer plötzlichen Änderung der Netzfrequenz

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Ausdruck „synthetische Trägheit“ wird in einigen Veröffentlichungen auch als „virtuelle Trägheit“, „Schnellansprechverhalten“, „Trägheitsregelung“ definiert. In diesem Dokument wird für diese Funktionalität die Benennung „synthetische Trägheit“ verwendet.

3.43
statischer Fehler
Abweichung zwischen den beobachteten Werten im Vergleich zu einem geforderten Bezugswert

3.44
Ansprechzeit
vergangene Zeit vom Beginn einer sprunghaften Änderung oder vom Beginn eines Ereignisses bis der beobachtete Wert das erste Mal den vordefinierten Toleranzbereich des Zielwerts erreicht

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

3.45
Einschwingzeit
vergangene Zeit vom Beginn einer sprunghaften Änderung eines Ereignisses bis der beobachtete Wert dauerhaft im vordefinierten Toleranzbereich des Zielwerts bleibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.46
Anstiegszeit
Zeit von dem Zeitpunkt, zu dem der beobachtete Wert 10 % der sprunghaften Änderung erreicht, bis zu dem Zeitpunkt, zu dem der beobachtete Wert 90 % der sprunghaften Änderung erreicht

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.47
Überschwingen
Differenz zwischen dem größten Wert der Sprungantwort und dem stationären Endwert

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.48
Reaktionszeit
vergangene Zeit von der Ausgabe eines Prüfbefehls bis die Amplitudenänderung der gemessenen Ausgangsvariablen 10 % der Stufenhöhe erreicht

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

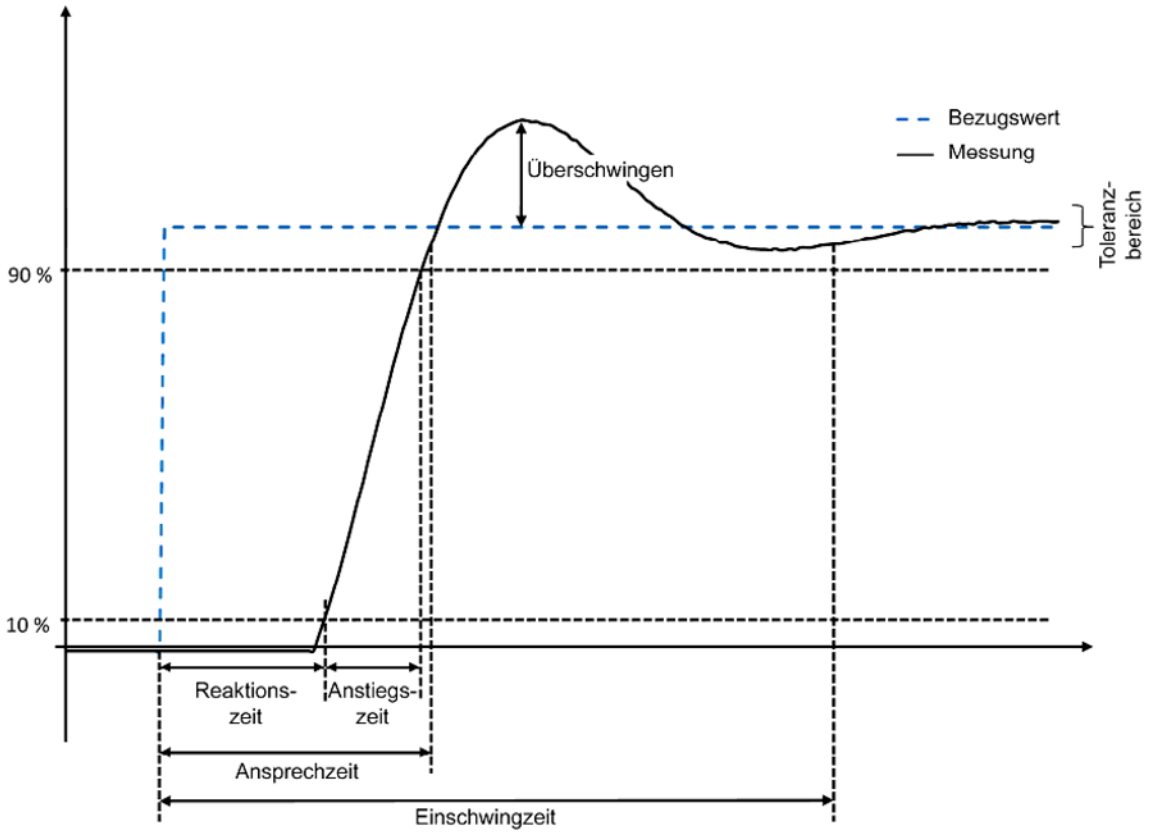

Bild 1 – Beispiel für Sprungantwort

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

3.49
Rücklaufzeit
Zeit, während der der gemessene Wert von 90 % auf 10 % des Zielwertes zurückgeht

3.50
Ausregelzeit
Dauer, ab dem Ende eines Ereignisses, nach welchem der gemessene Wert dauerhaft im definierten Toleranzbereich um den Startwert vor dem Ereignis ist

3.51
stationärer Zustand
erreichter Zustand eines Systems, nachdem die Einschwingzeit vergangen ist

3.52
Toleranzbereich
zulässiger Abweichungsbereich des gemessenen Signals von einem definierten Zielwert

Anmerkung 1 zum Begriff: Der stationäre Zielwert wird üblicherweise dem Bezugswert des beobachteten Signals oder dem Wert gleichgesetzt, dem sich das beobachtete Signal nach dem Ereignis annähert.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Vorgabewert für den Toleranzbereich ist mit ±10 % des Nennwertes definiert, wenn nicht anders angegeben.

3.53
Beginn des Ereignisses
Zeitpunkt, an dem die Abweichung eines Auslösewertes zum ersten Mal außerhalb des definierten Toleranzbereichs der Auslösung liegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Auslösewert darf ein Bezugssignal oder eine Störgröße sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Vorgabewert für den Toleranzbereich der Auslösung ist mit ±10 % der Auslösestufe zu definieren und wird auf den Auslösewert vor dem Ereignis zentriert.

3.54
WEA-Produktplattform
WEA, die sich die gleiche mechanische Plattform und die gleichen Komponenten des elektrischen Systems und des Hauptantriebsstrangs teilen

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese WEA sind Teil der gleichen WEA-Plattform (Familie) und die Unterschiede sind im Regelfall die Windklassen in IEC 61400-1, nach denen sie mit dem entsprechenden Rotordurchmesser und der entsprechenden Nennleistung ausgelegt sind.

Anmerkung 2 zum Begriff: Weitere Beispiele für WEA aus der gleichen Plattform sind z. B. WEA mit unterschiedlichen Spannungsbemessungen auf der Primärseite des WEA-Transformators, WEA mit unterschiedlichen Rotordurchmessern usw., siehe auch Anhang F.

3.55
Bauteilprüfung
Prüfung an einem einzelnen Bauteil, bei dem alle notwendigen Funktionen und das Verhalten bei der Prüfung in dem Bauteil nutzbar und nicht von weiteren Bauteilen/Systemen abhängig sind (z. B. Schutzeinrichtung, wenn dies eine unabhängige Einheit ist)

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine auf Bauteilebene durchgeführte Prüfung ist für alle WEA-Varianten gültig, in denen das Bauteil verwendet wird.

3.56
Teilsystem
Anteil eines Systems, der eine spezielle Funktion erfüllt, bestehend aus mehreren Bauteilen/Elementen, die in direkter Beziehung zueinander stehen und für die festgelegte Funktion direkt in Wechselwirkung stehen

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

3.57
Teilsystemprüfung
Prüfung an einem Teilsystem, bei dem alle notwendigen Funktionen und das Verhalten bei der Prüfung nutzbar sind und welches unabhängig von weiteren Bauteilen oder Systemen ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine am Teilsystem durchgeführte Prüfung ist für alle WEA-Varianten gültig, in denen das Teilsystem verwendet wird.

3.58
verfügbare Wirkleistung
vorhergesagter Wirkleistungsmomentanwert der WEA, der entweder auf der Leistungskurve und der gemessenen Windgeschwindigkeit oder auf einer Ausgangsgröße des WEA-Controllers beruht, in die mehrere Parameter in die Berechnung eingehen

3.59
Leistungsfaktor
unter periodischen Bedingungen, das Verhältnis des Absolutwerts der Wirkleistung P zur Scheinleistung S:

$$PF = \frac{P}{S} \quad PF = \frac{|P|}{S}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Unter sinusförmigen Bedingungen ist der Leistungsfaktor der Absolutwert des Wirkfaktors.

[QUELLE: IEC 60050-131:2002, 131-11-46]

3.60
Anstiegsgeschwindigkeit
Steilheit eines Anstiegs während einer bestimmten Dauer

3.61
Referenzwert
Zielwert, den ein Steuersystem beabsichtigt zu erreichen

3.62
Wirkleistungs-Bin
an den WEA-Anschlussklemmen gemessene aufeinanderfolgende, nicht überlappende Intervalle der WEA-Wirkleistung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Bins (Intervalle) haben die gleiche Größe von 0 %, 10 %, 20 %, … , 100 % von P_n. 0 %, 10 %, 20 %, …, 100 % sind die Mittelpunkte der Bins.

3.63
fiktives Netz
Darstellung einer idealen Außenleiter-Neutralleiter-Spannungsquelle mit dem Momentanwert $u_0(t)$ in Reihe mit einem festgelegten Netzwiderstand R und einer Netzinduktivität L

Anmerkung 1 zum Begriff: Das fiktive Netz wird für die Normierung von Flickermessungen verwendet.

3.64
Feldmessung
Messungen, die an einer WEA oder einem Windkraftwerk an einem bestimmten Standort durchgeführt werden

3.65
Feldprüfung
Prüfungen, die an einer WEA oder einem Windkraftwerk an einem bestimmten Standort durchgeführt werden, um deren Betriebsverhalten zu bestätigen und zu messen

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

3.66
Windgeschwindigkeits-Bin
Gruppen von 10- oder 1-min-Mittelwertsmessungen in Bins, beruhend auf der mittleren Windgeschwindigeit

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

4 Kurzzeichen und Einheiten

In diesem Teil von IEC 61400 werden die folgenden Kurzzeichen und Einheiten verwendet.

$\frac{\Delta U_{dyn}}{U_n}$	maximal zulässige Spannungsänderung (%)
ψ_k	Phasenwinkel der Netzimpedanz (°)
$\alpha_m(t)$	Phasenwinkel der Grundschwingung der gemessenen Spannung (°)
β	Exponent in Verbindung mit der Summierung der Oberschwingungen
$c(\psi_k)$	Flickerbeiwert für den Dauerbetrieb
d	relative Spannungsänderung (%)
E_{PIti}	Grenzwert für eine Langzeit-Flickeremission
E_{Psti}	Grenzwert für eine Kurzzeit-Flickeremission
f_g	Nennfrequenz des Netzes (50 Hz oder 60 Hz)
$f_{inertia,\ recovery}$	Frequenzschwellenwert, bei dem die WEA die Erhöhung der Wirkleistung beenden muss (Hz)
$f_{inertia,\ trigger}$	Frequenzschwellenwert, bei dem die WEA die Erhöhung der Wirkleistung beginnen muss (Hz)
f_{sim}	Referenzwert der Frequenz
f_{over}	Schutzgrad gegen Überfrequenz
f_{under}	Schutzgrad gegen Unterfrequenz
h	Ordnungszahl einer Oberschwingung
HW	Hardware
$I_{h,i}$	Oberschwingungsstromverzerrung h-ter Ordnung der i-ten WEA (A)
$i_m(t)$	gemessener Momentanstrom (A)
I_n	Nennstrom (A)
IUF	Unsymmetriegrad des Stroms
$k_f(\psi_k)$	Flickerformfaktor
ki	Verhältnis des maximalen Einschaltstroms zum Bemessungsstrom
$k_u(\psi_k)$	Spannungsänderungsfaktor
L_{fic}	Induktivität des fiktiven Netzes (H)
N_{10m}	maximale Anzahl einer Art von Schaltvorgängen innerhalb eines Zeitabschnitts von 10 min
N_{120m}	maximale Anzahl einer Art von Schaltvorgängen innerhalb eines Zeitabschnitts von 120 min
n_i	Übersetzungsverhältnis des Transformators an der i-ten WEA
N_m	Gesamtanzahl gemessener Werte für den Flickerbeiwert
N_{wt}	Anzahl der WEA
P	Wirkleistung (W)
$P_{0,2}$	größte gemessene Wirkleistung (0,2-s-Mittelwert) (W)
P_{60}	größte gemessene Wirkleistung (60-s-Mittelwert) (W)

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

P_{600}	größte gemessene Wirkleistung (600-s-Mittelwert) (W)
PF	Leistungsfaktor
P_{lt}	Langzeit-Flickerstärke
P_n	Nennwirkleistung der WEA (W)
$Pr(c<x)$	akkumulierte Verteilung von c
P_{st}	Kurzzeit-Flickerstärke
$P_{st,fic}$	Kurzzeit-Flickerstärke am fiktiven Netz
Q	Blindleistung (var)
R_{fic}	Widerstand des fiktiven Netzes (Ω)
Sk	Kurzschlussscheinleistung des Netzes (VA)
$S_{k,fic}$	Kurzschlussscheinleistung des fiktiven Netzes (VA)
S_n	Nennscheinleistung der WEA (VA)
SW	Software
THC	Gesamt-Oberschwingungsverzerrung des Stroms (% von I_n)
T_p	Übergangszeit für einen Schaltvorgang in Sekunden (s)
U	Außenleiter-Außenleiter-Spannung (V)
$u_0(t)$	Außenleiter-Neutralleiter-Momentanspannung einer idealen Spannungsquelle (V)
$u_{fic}(t)$	simulierte Außenleiter-Neutralleiter-Momentanspannung am fiktiven Netz (V)
$U_{fic,max}$	größte Außenleiter-Neutralleiter-Spannung am fiktiven Netz (V)
$U_{fic,min}$	kleinste Außenleiter-Neutralleiter-Spannung am fiktiven Netz (V)
U_{min}	kleinste Außenleiter-Außenleiter-Spannung, die die WEA überbrücken kann, in bezogenen Einheiten (p.u.)
U_{max}	größte Außenleiter-Außenleiter-Spannung, die die WEA überbrücken kann, in bezogenen Einheiten (p.u.)
U_n	Außenleiter-Außenleiter-Nennspannung (V)
U_{under}	Schutzgrad gegen Unterspannung
U_{UVRC}	Differenz zwischen U_n der WEA und U_{min} in bezogenen Einheiten (p.u.) (Unterspannungsbereich)
U_{OVRC}	Differenz zwischen U_{max} und U_n der WEA in bezogenen Einheiten (p.u.) (Überspannungsbereich)
U_{over}	Schutzgrad gegen Überspannung
U_{pre}	Spannung vor einem Fehlzustand, berechnet als 0,2-s-Mittelwert, gemessen ab 10 s vor dem Beginn des Ereignisses
$v_{cut\text{-}in}$	Einschaltwindgeschwindigkeit (m/s)
X_{fic}	Blindwiderstand des fiktiven Netzes (Ω)
Z_1	Impedanz zur Begrenzung der Auswirkungen des Kurzschlusses auf das vorgeschaltete Netz (Ω)
Z_2	Impedanz zwischen Außenleitern oder gegen Erde während des Kurzschlusses (Ω)

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

5 Abkürzungen

In diesem Dokument werden die folgenden Abkürzungen benutzt.

A/D-Wandler	Analog-Digital-Wandler
DFAG	doppelt gespeister Asynchrongenerator
	Wird oftmals auch als doppelt gespeister Induktionsgenerator (DFIG) bezeichnet, er wird jedoch nicht als Induktionsgenerator betrieben, wenn der Rotorstrom geregelt wird.
DFT	diskrete Fourier-Transformation
HV	Hochspannung
LV	Niederspannung
MV	Mittelspannung
RMS	Effektivwert
RoCoF	Änderungsgeschwindigkeit der Frequenz
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition (ein Netzleitsystem)
THC	Gesamt-Oberschwingungsverzerrung des Stroms
WEA	Windturbine

6 Spezifikation der Windenergieanlage

Die Nenndaten der WEA (bezogen auf die Anschlüsse der WEA) einschließlich P_n, S_n, U_n, I_n müssen festgelegt werden, und, wo anwendbar, Profile für Netzstützung bei Unter- und Überspannung, Profil der Blindleistungsfähigkeit sowie die Sollwert-Führungswerte.

Die Spezifikationen der WEA müssen beruhend auf den Angaben des Herstellers angegeben werden, wie es in Anhang A aufgeführt ist.

ANMERKUNG In diesem Dokument werden die Nenndaten lediglich als Grundlage für die Berechnung der bezogenen Werte verwendet.

7 Prüfbedingungen und Prüfsysteme

7.1 Allgemeines

In Abschnitt 7 werden die erforderlichen Grundsätze der Prüfungen für die Bewertung der elektrischen Kennwerte einer WEA angegeben, d. h. Gültigkeit der Prüfung (7.3), Prüfbedingungen (7.4) und Prüfeinrichtung (7.5). Ein Beispiel für das Berichtsformat wird in Anhang A angegeben.

Es muss das Erzeugerzählpfeilsystem zugrunde gelegt werden, d. h., es ist festgelegt, dass die positive Richtung des Leistungsflusses vom Generator zum Netz verläuft. Wird die WEA durch einen Widerstand und eine Induktivität ersetzt, sind sowohl Wirk- als auch Blindleistung negativ (siehe Anhang C).

7.2 Übersicht über die geforderten Prüfniveaus

Tabelle 1 enthält eine Übersicht über die geforderten und freigestellten Prüfniveaus für die verschiedenen Prüfungen und Messungen, die in Abschnitt 8 beschrieben werden. Freigestellte Prüfungen und Messungen dürfen durchgeführt und zur detaillierteren Bewertung der Simulationsmodelle und für die Übereinstimmung mit den spezifischen Netzvorschriften angegeben werden. Überhaupt keine Prüfung ist erforderlich, wenn die WEA nicht die entsprechende Funktionalität bietet. In einigen Fällen würde eine Prüfung oder Messung (oder ein Teil davon) auf einem niedrigeren Prüfniveau annehmbar sein, wenn bestimmte Bedingungen eingehalten werden, die dazu in Abschnitt 8 angegeben werden. Für einige Prüfungen und Messungen würde auch ein anderes als das angegebene Systemniveau „erforderlich“ annehmbar sein. Diese Fälle

AVA Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

werden in der folgenden Übersicht als „freigestellt“ angegeben und würden die Prüfung auf dem Systemniveau „erforderlich“ ersetzen.

Tabelle 1 – Übersicht über die geforderten Prüfniveaus

Abschnitt	Prüfung	Bauteilprüfung	Teilsystemprüfung	Messung im Einsatz – WEA-Niveau	Messung im Einsatz – Windkraftwerk
Aspekte der Spannungsqualität					
8.2.2	Flicker			S	O
8.2.3	Schaltvorgänge			S	O
8.2.4	Oberschwingungen, Zwischenharmonische und höhere Frequenzanteile		C	S	O
Stationärer Betrieb					
8.3.3	Maximalleistung			S	O
8.3.4	Blindleistungskennlinie (Q = 0)		S	O	O
8.3.5	Blindleistungsfähigkeit		S	O	O
8.3.6	Spannungsabhängigkeit des PQ-Diagramms		S	O	O
8.3.7	Unsymmetriegrad		S	O	O
Regelverhalten					
8.4.2	Wirkleistungsregelung		C	S	O
8.4.3	Begrenzung der Anstiegsgeschwindigkeit der Wirkleistung		C	S	O
8.4.4	Frequenzregelung		S	O	O
8.4.5	Synthetische Trägheit			S	O
8.4.6	Blindleistungsregelung		S	O	O
Dynamisches Betriebsverhalten					
8.5.2	Fault ride-through capability		C	S	O
Netzschutz					
8.6.2	Netzschutz	S	O	O	O
8.6.4	Wiederanschlusszeit			S	O
8.6.3	Änderungsgeschwindigkeit der Frequenz RoCoF (df/dt)	S	O	O	O

S: Empfohlene mindestens durchzuführende Messung/empfohlenes Mindest-Prüfniveau

C: Bedingte(s) Messung/Prüfniveau, wenn bestimmte Bedingungen erfüllt sind (Einzelheiten im folgenden Abschnitt)

O: Freigestellte(s) Messung/Prüfniveau, wenn die Funktion auf einem anderen als dem mindestens geforderten Niveau zur Verfügung steht

7.3 Gültigkeit der Prüfung

Die Messungen sind gefordert, um die theoretische Analyse und die numerischen Simulationen und auch das elektrische Betriebsverhalten zu bestätigen. Für die Bewertung einer WEA und für den Vergleich mit den erwarteten theoretischen Annahmen sind geeignete Messungen und Verarbeitung der Daten ausschlaggebend.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

Die gemessenen Kennwerte gelten nur für die WEA-Produktplattform. Einige Ausführungen von WEA besitzen einen eingebauten Transformator. Die Messungen der elektrischen Kennwerte müssen an den Anschlüssen der WEA vorgenommen werden. Es liegt im Ermessen des WEA-Herstellers, ob die Anschlüsse der WEA auf der Niederspannungs- oder Hochspannungsseite des Transformators definiert werden. Es wird nicht erwartet, dass der Wechsel von einer Ausgangsspannung des Transformators zur anderen eine Veränderung des Verhaltens der WEA hinsichtlich der Netzverträglichkeit verursacht. Folglich ist keine eigene Bewertung erforderlich, wenn die Ausgangsspannung des Transformators verändert wird und wenn die Bewertung bei anderen MV-Niveaus oder an der Niederspannungsseite des WEA-Transformators bereits vorher durchgeführt wurde, außer dass Nennspannung und -strom angepasst werden müssen. Hierbei müssen die in Anhang F angegebenen Betrachtungen berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Die Messung von Spannung und Strom auf der Niederspannungs- oder Hochspannungsseite des Transformators hat einen Einfluss auf die Ergebnisse der Oberschwingungsmessung. Jedoch liegt es immer noch in der Verantwortung des Herstellers, die „WEA-Anschlüsse“ zu definieren. Bei der Übertragung der Prüfergebnisse auf andere WEA einer Produktplattform gilt die Gültigkeit der Prüfung für die gleiche Seite des Transformators. Eine zusätzliche Messung könnte im Bedarfsfall an einem spezifischen Standort nach diesem Dokument durchgeführt werden.

Die Lage der Anschlüsse der WEA (die den Messpunkt darstellen) und die spezielle Ausführung der bewerteten WEA einschließlich der relevanten Einstellungen der Betriebsführungsparameter müssen eindeutig im Prüfbericht (Anhang A) angegeben werden.

Jede Auswahl der Prüfungen kann vorgenommen und gesondert angegeben werden. Das bedeutet, dass alle Teile in diesem Dokument einzeln geprüft und berichtet werden können und es ist nicht vorgeschrieben, alle beschriebenen Prüf- und Messverfahren durchzuführen.

Freigestellte Prüfungen und Messungen (z. B. Blatteinstellwinkel und Drehzahl des Rotors) dürfen durchgeführt und zur detaillierteren Bewertung der Simulationsmodelle und für die Übereinstimmung mit den spezifischen Anforderungen an die Netzvorschriften angegeben werden.

Unter der Voraussetzung, dass eine dokumentierte Risikobewertung nach Anhang F vorliegt, um zu bestimmen, welche Typprüfungen gültig sind und welche Prüfungen mit den restlichen WEA der Produktplattform notwendigerweise zu wiederholen sind, ist die Typprüfung einer WEA, die Teil einer Produktplattform ist, als ausreichend anzusehen, dass damit die gesamte WEA-Produktplattform abgedeckt ist.

7.4 Prüfbedingungen

Die folgenden Prüfbedingungen sind erforderlich und müssen als Teil des Prüfverfahrens gemessen und angegeben werden. Alle in Perioden gemessenen Prüfdaten, die nicht die angegebenen Prüfbedingungen erfüllen, müssen verworfen werden.

- Die WEA muss über einen Standard-Transformator (d. h. gleich oder elektrisch vergleichbar einem Transformator, der in anderen Anwendungen als der Prototypmessung zu verwenden ist) mit einer Nennscheinleistung, die mindestens der Nennscheinleistung der bewerteten WEA entspricht, direkt an das Netz angeschlossen werden.
- Die Gesamtoberschwingungsverzerrung der Spannung einschließlich aller Oberschwingungen bis zur 50. Ordnung muss kleiner als 5 % sein, gemessen als 10-minttelwert an den Anschlüssen der WEA, während die WEA keine Leistung erzeugt. Die Gesamtoberschwingungsverzerrung der Spannung kann durch Messung vor der Prüfung der WEA ermittelt werden.
- Die Netzfrequenz, die als 0,2-s-Mittelwert gemessen wird, muss innerhalb von ± 1 % der Nennfrequenz liegen, und die Änderungsgeschwindigkeit der Netzfrequenz, die als 0,2-s-Mittelwert gemessen wird, muss unter 0,2 % der Nennfrequenz je 0,2 s liegen. Wenn bekannt ist, dass die Netzfrequenz sehr stabil ist und innerhalb der vorstehend angegebenen Anforderungen liegt, was in großen Kraftwerksnetzen im Allgemeinen der Fall ist, braucht keine weitere Bewertung vorgenommen zu werden. Anderenfalls muss die Netzfrequenz während der Prüfung gemessen werden.
- Die Spannung muss innerhalb von ± 10 % ihres Nennwertes liegen und als 10-min-Mittelwert an den Anschlüssen der WEA gemessen werden.
- Der Spannungsunsymmetriefaktor muss kleiner als 2 % sein und als 10-min-Mittelwert an den Anschlüssen der WEA gemessen werden. Der Spannungsunsymmetriefaktor muss nach IEC 61000-4-30

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

ermittelt werden, dabei ist der Spannungsunsymmetriefaktor als das Verhältnis von Mitkomponente und Gegenkomponente der Spannung definiert. Wenn bekannt ist, dass der Spannungsunsymmetriefaktor innerhalb der vorstehend angegebenen Anforderung liegt, braucht keine weitere Bewertung vorgenommen zu werden. Anderenfalls muss der Spannungsunsymmetriefaktor während der Prüfung gemessen werden.

- Die Umweltbedingungen müssen den Anforderungen des Herstellers der Messausrüstung und der WEA entsprechen. Im Allgemeinen erfordert das keine Online-Messung der Umweltbedingungen, obwohl es gefordert wird, dass diese als Teil des Messberichtes allgemein beschrieben werden.
- Die Prüfungen dürfen bei jeder Turbulenzintensität und bei jedem Kurzschlussverhältnis durchgeführt werden, die Bedingungen (mittlere Turbulenzintensität, Kurzschlussscheinleistung und Winkel der Netzimpedanz) müssen aber im Prüfbericht/Zertifikat angegeben werden.
- Die Kennwerte sind für den Betrieb der WEA mit einer Blindleistung von möglichst null anzugeben, d. h. der Blindleistungs-Sollwert muss gegebenenfalls auf $Q = 0$ eingestellt werden, sofern es in dem entsprechenden Abschnitt einer spezifischen Prüfung nicht anders angegeben ist. Falls irgendeine andere Betriebsart gewählt wird, muss dies eindeutig im Bericht angegeben werden.
- Es könnten verschiedene Betriebsarten in Betracht gezogen werden. Zu beachten ist hierbei, dass die verschiedenen Betriebsarten durch unterschiedliche Frequenzgänge des Betriebsführungssystems der WEA charakterisiert sind und dadurch die elektrischen Kennwerte beeinflusst werden; deshalb wird empfohlen festzulegen, dass bei einer Änderung der Betriebsart während des Bewertungsvorgangs ungültige Daten verworfen werden. Es liegt in der Verantwortung des Herstellers festzulegen, ob Änderungen der Betriebsart auch zu Änderungen der elektrischen Kennwerte führen werden. Ein Leitfaden zur Bewertung des Einflusses von Konstruktionsänderungen wird in Anhang F gegeben.
- Elektromagnetische Beeinflussung während der Messung sollte vermieden werden. Deshalb wird empfohlen, dass alle Messgeräte eine EMV-Klasse haben müssen, die mindestens dem erwarteten Pegel der elektromagnetischen Störaussendung der WEA entspricht.
- Die Temperaturschwankung hinsichtlich der Kalibrierunsicherheiten der Messgeräte darf nicht die vom Gerätehersteller festgelegten Grenzwerte überschreiten. Die Datenerfassungseinrichtung muss die in IEC 62008 angegebenen Anforderungen hinsichtlich der Leistungseigenschaften und des Kalibrierverhaltens erfüllen.

ANMERKUNG 1 Die vorstehend festgelegten Bedingungen sind erforderlich, um zuverlässige Prüfergebnisse zu erreichen, und sollten nicht als Bedingungen für einen zuverlässigen Anschluss an das Netz und den Betrieb von WEA ausgelegt werden.

ANMERKUNG 2 Die größte gemessene Leistung hängt bei bestimmten Ausführungen von WEA in einem gewissen Umfang von der Luftdichte ab. Folglich kann die größte gemessene Leistung, die nach dem Verfahren in 8.3.3 ermittelt und an einem Standort mit niedriger Luftdichte gemessen wurde, kleiner sein als an einem Standort mit hoher Luftdichte. Es wurde jedoch festgestellt, dass die Unsicherheit, die eingeführt wird, indem kein begrenzter Bereich der Luftdichte festgelegt wird, nicht die Kosten zusätzlicher Einrichtungen und Verfahren rechtfertigen kann, die damit verbunden sind.

7.5 Prüfeinrichtung

Die Messeinrichtung sollte sorgfältig abgeglichen werden, damit die zu untersuchenden elektrischen Kennwerte mit annehmbarer Genauigkeit und Präzision aufgezeichnet werden. Die Beschreibung der Messungen setzt die Anwendung eines digitalen Datenerfassungssystems mit den in Bild 2 dargestellten Elementen voraus.

Anemometer, Spannungswandler und Stromwandler sind die geforderten Messfühler des Messsystems. Die Signalverarbeitung dient der Verbindung dieser Elemente mit dem Tiefpass, der für das Anti-Aliasing erforderlich ist. Siehe Tabelle 2 hinsichtlich der Spezifikation der Genauigkeit des Messsystems. Die Messwandler müssen die in IEC 61869-103 angegebenen Anforderungen erfüllen.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

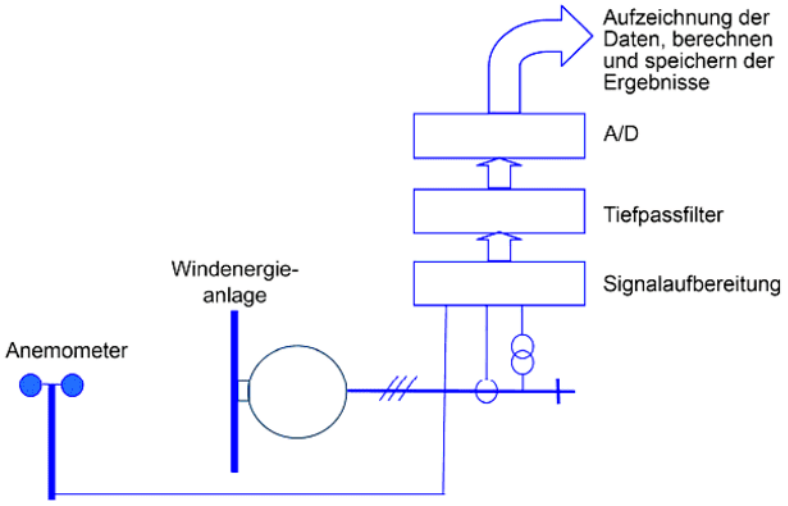

Bild 2 – Beschreibung des Messsystems mit den wichtigsten Komponenten

Die geforderten Gesamtgenauigkeiten der Messeinrichtung sind in Tabelle 2 festgelegt, sofern in den Spezifischen Unterabschnitten keine speziellen Anforderungen aufgeführt sind.

Tabelle 2 – Spezifikation von Anforderungen an die Messeinrichtung

Element	Geforderte Genauigkeit
Spannungswandler	Klasse 1,0
Stromwandler	Klasse 1,0
Anemometer	±1 m/s
Filter + A/D-Wandler + Datenerfassungssystem	1 % des Skalenendwerts
Frequenz	10 mHz

Das digitale Datenerfassungssystem soll die Ergebnisse, wie in den Unterabschnitten von Abschnitt 8 festgelegt, aufnehmen, berechnen und speichern. Eine allgemeine Anleitung zur Berechnung des Effektivwertes der Spannung, Wirk- und Blindleistung in einem System, wie in Bild 2 dargestellt, wird in Anhang C gegeben. Dies erfordert eine Abtastrate der Spannungs- und Stromsignale von mindestens 2 kHz je Kanal. Für die Messung von Oberschwingungen, Zwischenharmonischen und höheren Frequenzanteilen sollte die Abtastrate nach den eingeführten Regeln der Signalanalyse ausgewählt werden, damit Frequenzanteile bis einschließlich 9 kHz gemessen werden können. Es ist sicherzustellen, dass der Frequenzgang der Messwandler bis 9 kHz linear ist.

Die Bandbreite für Flickermessungen muss mindestens 1 500 Hz betragen. Siehe auch die Anmerkung in 7.5.

Das Signal der Windgeschwindigkeit muss mit mindestens 1 Hz abgetastet werden; dazu können die Messwerte von einem korrigierten Gondelanemometer verwendet werden.

Alternativ kann für die Messung der Windgeschwindigkeit ein Anemometer in Nabenhöhe benutzt werden, das an einer Stelle angebracht ist, die unbeeinflusst von einer Feststellung oder Nachlaufströmung der WEA bleibt. Eine gute Stelle ist im Allgemeinen der 2,5-fache Rotordurchmesser auf der Luvseite. Ebenso kann alternativ dazu die Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe aus Messungen in geringerer Höhe möglicherweise in Verbindung mit Leistungsmessungen und der Kenntnis der Leistungskurve geschätzt werden.

Die Konfiguration der Messeinrichtung, einschließlich der Bandbreite der Messfühler, Kabelschirmung, Grenzfrequenz des Anti-Aliasing-Filters, Auflösung und Abtastrate des A/D-Wandlers sollte so vorgenommen

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

werden, dass alle erwarteten Frequenzanteile mit ausreichender Amplitude und Genauigkeit des Phasenwinkels gemessen werden.

Weitere Signale, die bei der Prüfung benötigt werden, sind Bezugswerte und die verfügbare Wirkleistung. Bezugswerte müssen vom Messsystem entweder über eine Netzwerkverbindung, als serielle oder analoge Werte eingelesen werden. Die verfügbare Wirkleistung kann aus dem Messsignal der Windgeschwindigkeit berechnet werden, welches in ein Wirkleistungssignal durch Beobachtung der Wirkleistung als Funktion der Windgeschwindigkeit umgeformt wird (siehe 8.3.2). Alternativ muss die verfügbare Wirkleistungsabgabe vom Betriebsführungssystem der WEA bereitgestellt werden.

8 Messung und Prüfung der elektrischen Kennwerte

8.1 Allgemeines

Die zu messenden und zu prüfenden elektrischen Kennwerte setzen sich aus fünf unterschiedlichen Prüfkategorien zusammen: Spannungsqualität, stationärer Betrieb, Regelverhalten, dynamisches Betriebsverhalten und Trennung vom Netz. Diese fünf Kategorien umfassen alle Aspekte, die zur Bewertung der Leistungsfähigkeit der WEA entsprechend den in den Netzvorschriften gegebenen Anforderungen erforderlich sind.

8.2 Aspekte der Spannungsqualität

8.2.1 Allgemeines

In 8.2 werden klassische Begriffe der Spannungsqualität hinsichtlich des Flicker bei Normalbetrieb, Flicker und Spannungsänderung bei Schaltvorgängen und Oberschwingungen des Stroms unter unterschiedlichen Betriebsbedingungen behandelt.

8.2.2 Flicker während des Dauerbetriebs

8.2.2.1 Beschreibung

An das Netz sind gewöhnlich noch andere veränderliche Lasten angeschlossen, die beträchtliche Spannungsschwankungen an den Anschlüssen der WEA verursachen können, an denen die Messungen durchgeführt werden. Darüber hinaus hängen die Spannungsschwankungen, die durch die WEA verursacht werden, von den Kennwerten des Netzes ab, z. B. Kurzschlussleistung und Phasenwinkel der Impedanz. Das Ziel besteht jedoch darin, Prüfergebnisse zu erzielen, die unabhängig von den Netzbedingungen am Prüfstandort sind. Um das zu erreichen, wird in IEC 61400-21-1 ein Verfahren mit Strom- und Spannungszeitreihen festgelegt, die an den Anschlüssen der WEA gemessen werden, um die Spannungsschwankungen an einem fiktiven Netz nachzubilden, bei dem es keine andere Quelle für Spannungsschwankungen als die WEA gibt (siehe Anmerkung).

Die Anwendung des fiktiven Netzes wird weiterführend in 8.2.2.2 und in Anhang B beschrieben. Die Messverfahren für Spannungsschwankungen werden getrennt in Verfahren für Dauerbetrieb und für Schaltvorgänge. Diese Teilung spiegelt wider, dass die Flickeremission von einer WEA bei Dauerbetrieb den Charakter stochastischen Rauschens hat, während Flickeremission und Spannungsänderungen bei Schaltvorgängen den Charakter einer Anzahl von zeitbegrenzten, nicht zusammenfallenden Ereignissen besitzen.

ANMERKUNG Obwohl das festgelegte Verfahren zur Nachbildung der Spannungsschwankungen an einem fiktiven Netz den direkten Einfluss der realen Spannungsschwankungen des Netzes am Messpunkt auf den Flicker vermeidet, können diese Spannungsschwankungen, die durch andere Quellen eingeführt werden, Einfluss auf den gemessenen Strom der WEA ausüben. Dies kann wiederum Einfluss auf die nachgebildeten Spannungsschwankungen am fiktiven Netz haben. Dieser Effekt ist aber relativ unbedeutend und rechtfertigt keine Änderung des Verfahrens zur Bestimmung des Flickerbeiwertes.

8.2.2.2 Durchführung

Das im Folgenden beschriebene Verfahren wird zum Messen des Flicker angewendet.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

Fiktives Netz

Das Schaltbild des fiktiven Netzes ist in Bild 3 dargestellt.

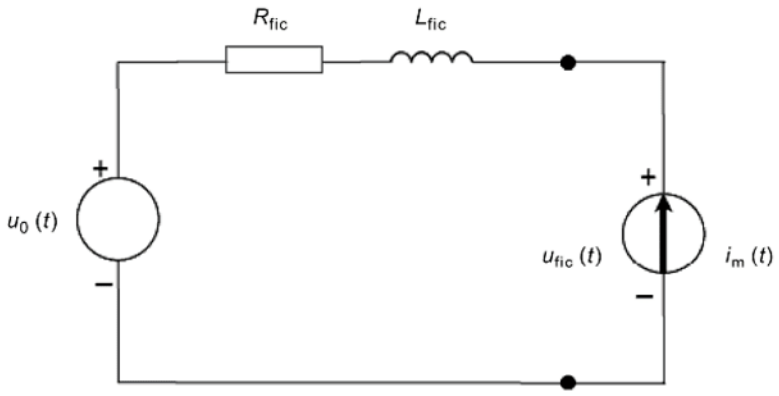

Bild 3 – Fiktives Netz zur Nachbildung der fiktiven Spannung

Das fiktive Netz wird durch eine ideale Außenleiter-Neutralleiter-Spannungsquelle mit dem Momentanwert $u_0(t)$ dargestellt und eine Netzimpedanz, die als Widerstand R_{fic} in Reihenschaltung mit einer Induktivität L_{fic} angegeben wird. Die WEA wird durch einen Stromgenerator $i_m(t)$ dargestellt, der durch den gemessenen Momentanwert des Leitungsstromes gebildet wird. Dieses einfache Modell ergibt eine simulierte Spannung mit dem Momentanwert $u_{fic}(t)$ nach Gleichung (1):

$$u_{fic}(t) = u_0(t) + R_{fic} \times i_m(t) + L_{fic} \times \frac{\mathrm{d}\,i_m(t)}{\mathrm{d}t} \tag{1}$$

Die ideale Spannungsquelle $u_0(t)$ kann auf verschiedene Arten erzeugt werden. Es sollten jedoch zwei Eigenschaften der idealen Spannung erfüllt sein:

a) Die ideale Spannung sollte keine Schwankungen aufweisen, d. h., der Flicker an der Spannung sollte null betragen;

b) $u_0(t)$ muss den gleichen Phasenwinkel $\alpha_m(t)$ aufweisen wie die Grundschwingung der gemessenen Spannung. Das stellt sicher, dass der Phasenwinkel zwischen $u_{fic}(t)$ und $i_m(t)$ richtig ist, vorausgesetzt, dass $|u_{fic}(t) - u_0(t)| << |u_0(t)|$ ist.

Um diese Eigenschaften zu erfüllen, wird $u_0(t)$ definiert als:

$$u_0(t) = \sqrt{\frac{2}{3}} \times U_n \times \sin(\alpha_m(t)) \tag{2}$$

Dabei ist U_n der Effektivwert der Netznennspannung.

Der Phasenwinkel der Grundschwingung der gemessenen Spannung darf mit Gleichung (3) beschrieben werden.

$$\alpha_m(t) = 2\pi \times \int_0^t f(t)\mathrm{d}t + \alpha_0 \tag{3}$$

Dabei ist

$f(t)$ die Frequenz (die in Abhängigkeit von der Zeit schwanken kann);

t die Zeit, die seit Beginn der Zeitreihe vergangen ist;

α_0 der Phasenwinkel bei $t = 0$.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

R_{fic} und L_{fic} müssen unter Anwendung von Gleichung (4) so ausgewählt werden, dass der geeignete Phasenwinkel der Netzimpedanz ψ_k erhalten wird:

$$\tan(\psi_k) = \frac{2\pi \times f_g \times L_{fic}}{R_{fic}} = \frac{X_{fic}}{R_{fic}} \quad (4)$$

Dabei ist f_g die Netznennfrequenz (50 Hz oder 60 Hz).

Die dreiphasige Kurzschlussscheinleistung des fiktiven Netzes wird durch Gleichung (5) angegeben:

$$S_{k,fic} = \frac{U_n^2}{\sqrt{R_{fic}^2 + X_{fic}^2}} \quad (5)$$

Um sicherzustellen, dass der angewendete Algorithmus oder die angewendete Messeinrichtung des Flickermeters P_{st}-Werte ergibt, die gut innerhalb des in IEC 61000-4-15 geforderten Messbereiches liegen, muss ein richtiges Kurzschlussverhältnis von $S_{k,fic}/S_n$ angewendet werden. Für kleine Messunsicherheiten muss ein Flickermeter der Klasse F1 verwendet werden. Aufgrund der Größe der P_{st}-Werte im Zusammenhang mit der Flickerbestimmung von WEA muss das Flickermeter den Arbeitsbereich bei der Leistungsprüfung (rechteckförmige Spannungsänderungen und Leistungsprüfung, IEC 61000-4-15:2010, Tabelle 5) festlegen, da der niedrigste und höchste k-Wert für den entsprechenden Wert $P_{st,k}$ innerhalb von ±5 % liegt. In diesem Teil von IEC 61400 wird ein Messbereich von $0{,}05 \leq k \leq 5{,}0$ vorgeschlagen, obwohl es in der Verantwortung des Gutachters liegt, das entsprechende Kurzschlussverhältnis $S_{k,fic}/S_n$ für den benutzbaren Messbereich auszuwählen.

ANMERKUNG Es sollte einerseits berücksichtigt werden, dass größere Spannungsschwankungen durch Verringerung des Kurzschlussverhältnisses beobachtet werden können. Wenn das Kurzschlussverhältnis andererseits zu klein wird, dann wird der Effektivwert von $u_{fic}(t)$ deutlich vom Effektivwert $u_0(t)$ abweichen, welches Auswirkungen auf die relative Spannungsänderung hat, weil die absoluten Spannungsänderungen mit einem anderen Mittelwert normiert sind. Für die Bestimmung der simulierten Spannungsschwankungen des Flickermeterbereichs wird ein Kurzschlussverhältnis $S_{k,fic}/S_n$ zwischen 20 und 50 empfohlen.

Flickerbeiwert während des Dauerbetriebs

Der Flickerbeiwert der WEA für den Dauerbetrieb $c(\psi_k)$ muss als 95. Perzentil für die Phasenwinkel der Netzimpedanz von $\psi_k = 30°$, 50°, 70° und 85° in Tabellen für den Betrieb der WEA innerhalb der Wirkleistungs-Bins 0 %, 10 %, 20 %, … , 100 % von P_n angegeben werden. 0 %, 10 %, 20 %, …, 100 % sind die Mittelpunkte der Bins. Die Messungen müssen auf Untersuchungszeiten von 10 min für jeden Datensatz beruhen.

Der Flickerbeiwert $c(\psi_k)$ muss bestimmt werden, damit er nach Anhang A angegeben werden kann. Die Bestimmung muss durch Messung und Simulation erfolgen.

Das Verfahren wird hier näher beschrieben, während in Anhang B eine informative Zusammenfassung gegeben wird.

Folgende Messungen müssen durchgeführt werden:

a) Die drei Leitermomentanströme und die drei Momentanspannungen zwischen Außenleiter und Neutralleiter an den Anschlüssen der WEA müssen gemessen werden. Wenn die Außenleiter-Neutralleiter-Spannungen nicht verfügbar sind, müssen die Außenleiter-Außenleiter-Spannungen gemessen und daraus die Außenleiter-Neutralleiter-Spannungen berechnet werden. Die Außenleiter-Neutralleiter-Spannungen müssen nach Anhang C berechnet werden.

b) Die Messungen müssen so erfolgen, dass mindestens sieben 10-Minuten-Datensätze der Messungen der Momentanspannung und des Momentanstroms (sieben Prüfungen und drei Außenleiter ergeben

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

21 Zeitreihen) für jedes 10-%-Leistungs-Bin aufgenommen werden. Wenn mehr als diese 21 Zeitreihen für ein Leistungs-Bin aufgenommen worden sind, dann müssen alle Zeitreihen einbezogen werden.

c) Die Windgeschwindigkeit sollte optional nach 8.3.2 gemessen werden.

d) Schaltvorgänge, wie Einschalten und Ausschalten einer WEA werden ausgeschlossen.

Der Spannungsflicker während der Prüfung ist anzugeben. Der Spannungsflicker muss an den Anschlüssen der WEA nach IEC 61000-4-15 gemessen werden.

Die Messungen müssen mit einem Messaufbau und unter Anwendung von Spannungs- und Stromwandlern entsprechend den Festlegungen in 7.5 aufgenommen werden. Die Grenzfrequenz für die Messungen der Spannung und des Stroms muss mindestens 1 500 Hz betragen.

Die Messungen zur Bestimmung des Flickerbeiwertes der WEA müssen als Funktion des Phasenwinkels der Netzimpedanz und dessen Wirkleistungs-Bin behandelt werden. Das muss durch Wiederholung des nachfolgenden Verfahrens für jeden Phasenwinkel der Netzimpedanz und Leistungs-Bins vorgenommen werden.

Zuerst muss der Flickerbeiwert für jeden Datensatz der 10-min-Zeitreihen der gemessenen Spannung und des gemessenen Stromes bestimmt werden. Das Verfahren dafür wird in den nachfolgenden Schritten 1) bis 3) angegeben.

1) Die gemessenen Zeitreihen müssen mit Gleichung (1) verknüpft werden und ergeben die Zeitreihe der Spannung für $u_{\mathrm{fic}}(t)$.

2) Die Zeitreihe der Spannung für $u_{\mathrm{fic}}(t)$ muss in den Flickeralgorithmus nach IEC 61000-4-15 eingegeben werden und liefert einen Flickeremissionswert $P_{\mathrm{st,fic}}$ am fiktiven Netz für jede 10-min-Zeitreihe.

3) Der Flickerbeiwert muss für jeden berechneten Flickeremissionswert mit Gleichung (6) bestimmt werden.

$$c(\psi_{\mathrm{k}}) = P_{\mathrm{st,fic}} \times \frac{S_{\mathrm{k,fic}}}{S_{\mathrm{n}}} \tag{6}$$

Dabei ist

S_{n} die Nennscheinleistung der WEA;

$S_{\mathrm{k,fic}}$ die Kurzschlussscheinleistung des fiktiven Netzes.

Der Flickerbeiwert $c(\psi_{\mathrm{k}})$ muss abschließend als das 95. Perzentil für jedes Leistungs-Bin und für jeden Phasenwinkel des fiktiven Netzes bestimmt und in einer Tabelle wie nach Tabelle 4 dargestellt werden.

Die Langzeit-Flickerstärke kann nach IEC TR 61000-3-7 als der kubische Mittelwert von 12 aufeinanderfolgenden Kurzzeitwerten berechnet werden. Die Flickermessung wird über den gesamten Bereich der Wirkleistungsfähigkeit durchgeführt. Für die Bewertung des Flickerverhaltens werden sieben 10-min-Datensätze bei jedem Leistungs-Bin verwendet. Bei diesem Verfahren wird die Langzeit-Flickerstärke gleich dem Kurzzeitwert, welcher ein konservativer Ansatz ist.

ANMERKUNG 1 Die Gleichung, die den Flickerbeiwert genauer definiert, ist in B.4.1 angegeben.

ANMERKUNG 2 Das 95. Perzentil wird als Grenzwert der Flickeremission angewendet.

8.2.2.3 Dokumentation

Flicker aus dem Dauerbetrieb muss in einer Tabelle und mit grafischen Darstellungen dokumentiert werden, wie es beispielsweise in Anhang A festgelegt ist.

- Flickerbeiwerte als Funktion des Impedanzwinkels ψ_{k} für alle Leistungs-Bins,
- grafische Darstellungen des Spannungsflickers P_{st} und Flickerbeiwerte in Abhängigkeit von der Wirkleistung.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

8.2.3 Flicker und Spannungsänderung bei Schaltvorgängen

8.2.3.1 Allgemeines

Schaltvorgang umfasst Flicker, der durch Anlauf, Stillsetzen und Schalten zwischen den Generatoren der WEA hervorgerufen wird.

8.2.3.2 Beschreibung

Die Kennwerte müssen für die folgenden Arten von Schaltvorgängen angegeben werden:

a) Einschalten der WEA bei Einschaltwindgeschwindigkeit;

b) Einschalten der WEA bei Nennwirkleistung;

c) der ungünstigste Fall des Schaltens zwischen Generatoren (nur anwendbar für WEA mit mehr als einem Generator oder einem Generator mit Mehrfachwicklungen).

Die nachfolgend aufgeführten Parameterwerte müssen für jede der vorstehend aufgeführten Arten von Schaltvorgängen angegeben werden:

- Die maximale Anzahl N_{10m} der Schaltvorgänge innerhalb einer Zeitspanne von 10 min.
- Die maximale Anzahl N_{120m} der Schaltvorgänge innerhalb einer Zeitspanne von 2 h.
- Der Flickerformfaktor $k_f(\psi_k)$ für die Phasenwinkel der Netzimpedanz $\psi_k = 30°, 50°, 70°$ und $85°$.
- Der Spannungsänderungsfaktor $k_u(\psi_k)$ für die Phasenwinkel der Netzimpedanz $\psi_k = 30°, 50°, 70°$ und $85°$.

Die maximale Anzahl von Schaltvorgängen N_{10m} und N_{120m} muss aus den Angaben des Herstellers für jede Art des Schaltvorganges bestimmt werden. Falls der Hersteller der WEA diese Werte nicht angeben kann oder er keine ausreichende Spezifikation des Betriebsführungssystems der WEA zur Unterstützung der angegebenen Werte liefern kann, muss Folgendes angenommen werden:

- Einschalten der WEA bei etwa Einschaltwindgeschwindigkeit: $N_{10m} = 10$ und $N_{120m} = 120$;
- Einschalten der WEA bei Nennwirkleistung: $N_{10m} = 1$ und $N_{120m} = 12$;
- Ungünstigster Fall des Schaltens zwischen Generatoren: $N_{10m} = 10$ und $N_{120m} = 120$.

ANMERKUNG 1 Der ungünstigste Fall des Schaltens zwischen Generatoren wird im Zusammenhang mit dem Flickerformfaktor als der Schaltvorgang definiert, der den höchsten Flickerformfaktor ergibt, und im Zusammenhang mit dem Spannungsänderungsfaktor als der Schaltvorgang definiert, der den höchsten Spannungsänderungsfaktor ergibt.

ANMERKUNG 2 Die Parameter N_{10m} und N_{120m} werden üblicherweise vom Hersteller bereitgestellt, wohingegen $k_f(\psi_k)$ und $k_u(\psi_k)$ gemessen und berechnet werden.

ANMERKUNG 3 Abhängig vom Betriebsführungssystem der WEA kann die maximale Anzahl der Schaltvorgänge innerhalb einer Zeitspanne von 2 h kleiner sein als das 12-Fache der maximalen Anzahl der Schaltvorgänge innerhalb einer Zeitspanne von 10 min.

8.2.3.3 Durchführung

Messungen, Simulationen und Berechnungen müssen so vorbereitet werden, dass sie den Spannungsänderungsfaktor $k_u(\psi_k)$ und den Flickerformfaktor $k_f(\psi_k)$ für jeden in 8.2.3.2 festgelegten Schaltvorgang ergeben.

Die Messung sollte unter bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen vorgenommen werden; wenn dies nicht möglich ist, kann bei handgesteuerter WEA gemessen werden.

Das Verfahren wird hier näher beschrieben, während in B.2 informative Hinweise gegeben werden.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

Während in 8.2.3.2 a) und 8.2.3.2 b) jeweils ein Schalten bei einer bestimmten Windgeschwindigkeit festgelegt ist, ist es die Aufgabe des Gutachters, die Bedingungen für 8.2.3.2 c) festzulegen. Dies darf durch Bewertung der Auslegung der WEA erfolgen, oder es müssen, falls diese nicht genug Aussagekraft besitzt, Messungen vorgenommen werden, um die Bedingungen für 8.2.3.2 c) festzulegen. Siehe auch Anmerkung 1 in 8.2.3.2.

Um den Spannungsänderungsfaktor $k_u(\psi_k)$ und den Flickerformfaktor $k_f(\psi_k)$ zu bestimmen, müssen folgende Messungen durchgeführt werden:

a) die drei Leitermomentanströme und die drei Momentanspannungen zwischen Außenleiter und Neutralleiter an den Anschlüssen der WEA müssen gemessen werden;

b) die Messungen müssen für eine Dauer Tp vorgenommen werden, die lange genug sein muss, um das Abklingen der Transienten des Schaltvorganges sicherzustellen, jedoch auch begrenzt werden muss, um mögliche Leistungsschwankungen aufgrund von Turbulenzen auszuschließen;

c) um sicherzustellen, dass die Ergebnisse der Messungen repräsentativ für normale Betriebsbedingungen sind, müssen mindestens fünf Zeitreihen ausgewertet werden;

d) die Windgeschwindigkeit muss nach Abschnitt 7 gemessen werden. Der Mittelwert der 1-min-Windgeschwindigkeit muss beim Schaltvorgang innerhalb eines Bereiches von ± 2 m/s der geforderten Windgeschwindigkeit liegen.

Die Messungen müssen mit einem Messaufbau und unter Anwendung von Spannungs- und Stromwandlern und mit einem Anemometer entsprechend den Festlegungen in Abschnitt 7 durchgeführt werden. Die Grenzfrequenz für die Messungen der Spannung und des Stroms muss mindestens 1 500 Hz betragen.

ANMERKUNG Für WEA mit Sanftanlauf oder anderen wirksamen Begrenzungen der Einschaltstoßströme sollten die Stromwandler für das Zwei- bis Vierfache des Nennstroms bemessen sein. Bei WEA mit Umrichtersystemen kann der Bemessungswert für den Stromwandler im Allgemeinen unter dem Zweifachen des Bemessungsstroms liegen. Für WEA ohne Begrenzung der Einschaltstoßströme sollten die Stromwandler als Regel mit dem 10- bis 20-Fachen des Nennstroms der WEA bemessen werden.

Für die Bestimmung des Spannungsänderungsfaktors und des Flickerformfaktors müssen die Messwerte entsprechend verarbeitet werden. Dazu ist das folgende Verfahren anzuwenden:

1) Die gemessenen Zeitreihen müssen verknüpft werden, um die Zeitreihe der Spannung für $u_{fic}(t)$ nach 8.2.2.2 zu ermitteln.

2) Die simulierte Zeitreihe der Spannung für $u_{fic}(t)$ muss in den Flickeralgorithmus nach IEC 61000-4-15 eingegeben werden und liefert einen Flickeremissionswert $P_{st,fic}$ am fiktiven Netz für jede Zeitreihe von $u_{fic}(t)$. Das ergibt 15 Werte von $P_{st,fic}$ für jeden Fall, d. h. fünf Prüfungen und drei Außenleiter.

3) Der Flickerformfaktor $k_f(\psi_k)$ muss nach folgender Gleichung (7) berechnet werden.

$$k_f(\psi_k) = \frac{1}{130} \times \frac{S_{k,fic}}{S_n} \times P_{st,fic} \times T_p^{0,31} \tag{7}$$

4) Der Spannungsänderungsfaktor $k_u(\psi_k)$ muss nach folgender Gleichung (8) berechnet werden.

$$k_u(\psi_k) = \sqrt{3} \times \frac{U_{fic,max} - U_{fic,min}}{U_n} \times \frac{S_{k,fic}}{S_n} \tag{8}$$

Dabei ist

$U_{fic,min}$ der kleinste Effektivwert einer Periode der Spannung am fiktiven Netz während des Schaltvorgangs;

$U_{fic,max}$ der größte Effektivwert einer Periode der Spannung am fiktiven Netz während des Schaltvorgangs.

5) Der Flickerformfaktor und der Spannungsänderungsfaktor müssen als Mittelwert der Ergebnisse der 15 Werte ermittelt werden.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

ANMERKUNG 1 Die Gleichung, die den Flickerformfaktor beschreibt, wurde IEC 61000-3-3 entnommen, wie in B.4.2 erläutert.

ANMERKUNG 2 Der Flickerbeiwert $P_{st,fic}$ wird hierbei über eine Dauer T_p bewertet.

ANMERKUNG 3 Die Gleichung, die den Spannungsänderungsfaktor genauer definiert, wird in B.4.3 erläutert.

8.2.3.4 Dokumentation

Die folgenden Parameter sind z. B. in einer Tabelle anzugeben, wie in Anhang A beschrieben:

- Flickerformfaktor,
- Spannungsänderungsfaktor,

und zwar für alle gemessenen Fälle als Funktion des Phasenwinkels der Impedanz.

Außerdem müssen in jedem Fall Zeitreihen von Spannung, Strom, Wirk- und Blindleistung in einem Diagramm für ein Schaltereignis dokumentiert werden.

8.2.4 Oberschwingungen, Zwischenharmonische und höhere Frequenzanteile

8.2.4.1 Allgemeines

Die Aussendungen von Oberschwingungsströmen, Zwischenharmonischen und höheren Frequenzanteilen bei Dauerbetrieb muss angegeben werden.

8.2.4.2 Beschreibung

Es wird empfohlen, die Oberschwingungsspannungen zu messen: zusätzlich siehe D.2.1 und IEC TR 61400-21-3[1].

Die bei dieser Art von Messungen eingesetzten Strom- und Spannungswandler sollten den Anforderungen entsprechen, die in IEC 61000-4-30 angegeben sind. Dabei sollte sichergestellt werden, dass die Messaufnehmer die zu untersuchenden Frequenzanteile (d. h. Oberschwingungen und Zwischenharmonische) aufnehmen können.

Entsprechend der Beschreibung in IEC 61000-4-7 müssen Frequenzanteile gedämpft werden, die außerhalb des Messbereichs des Messgerätes liegen, damit sie die Messergebnisse nicht beeinflussen.

Die Werte der einzelnen Stromanteile (Oberschwingungen, Zwischenharmonische und höhere Frequenzanteile) und die Gesamt-Oberschwingungsverzerrung des Stroms müssen in Tabellen als prozentualer Anteil von I_n und für den Betrieb der WEA innerhalb der Wirkleistungs-Bins 0 %, 10 %, 20 %, … , 100 % von P_n angegeben werden. 0 %, 10 %, 20 %, …, 100 % sind die Mittelpunkte der Bins.

Die einzelnen Anteile der Oberschwingungsströme müssen als Untergruppenwerte für Frequenzen bis zum 50-Fachen der Netzgrundfrequenz nach IEC 61000-4-7:2002/AMD1:2008, Gleichung (9) in 5.6, Bild 6, festgelegt werden, und die Gesamt-Oberschwingungsverzerrung des Stroms muss daraus abgeleitet und angegeben werden.

Die Anteile der Zwischenharmonischen des Stroms müssen als Untergruppenwerte für Frequenzen bis 2 kHz nach IEC 61000-4-7:2002/AMD1:2008, Anhang A, angegeben werden.

Die höheren Frequenzanteile, d. h. die Stromanteile von 2 kHz bis 9 kHz, müssen gemessen und als Untergruppenwerte nach IEC 61000-4-7:2002/AMD1:2008, Anhang B (Gleichung (B.1)), angegeben werden. Die Ausgangswerte der Roh-DFT müssen in Bänder von 200 Hz eingruppiert werden.

---

[1] In Vorbereitung. Stand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung: IEC DTR 61400-21-3:2018.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08

Die 10-min-Zusammenfassung wird mit der Quadratwurzel des arithmetischen Mittelwerts der quadrierten 10-Perioden- (für ein 50-Hz-System) bzw. 12-Perioden-Fensterwerte (für ein 60-Hz-System) für jede Oberschwingung ausgeführt, wie es näher in Anhang D beschrieben und für jedes Wirkleistungs-Bin angegeben wird. Das Messverfahren muss für WEA geeignet sein, d. h., es wird angenommen, dass sich der Betrag der erzeugten Oberschwingungsströme über eine Dauer von einigen wenigen Sekunden verändert.

Wenn Oberschwingungen, Zwischenharmonische und höhere Freuquenzanteile eindeutig durch Hintergrundverzerrungen beeinflusst sind, dann können die Messwerte von Oberschwingungen, Zwischenharmonischen und höheren Frequenzanteilen um den Betrag verringert werden, der mit den Hintergrundverzerrungen im Zusammenhang steht. Wenn die Oberschwingungen verringert werden, dann sollte in den Messbericht eine Beschreibung des Verfahrens aufgenommen werden, welches zur Bestimmung der Verminderung der Hintergrundverzerrungen (Simulationen, Vergleichsmessungen usw.) angewendet worden ist. Zu weiteren Einzelheiten siehe Anhang D. Kann der Betrag der Verminderung nicht definiert werden,

a) dann kann der Bericht um einen Hinweis ergänzt werden, in dem der mögliche Einfluss der Hintergrundverzerrung auf die beeinflussten Oberschwingungen, Zwischenharmonische oder höheren Frequenzanteile dargestellt wird

oder

b) es kann das Oberschwingungsmodell nach IEC TR 61400-21-3 verwendet werden, um den Oberschwingungsbeitrag zu berechnen.

8.2.4.3 Durchführung

Die Messungen müssen so erfolgen, dass mindestens sieben 10-min-Datensätze der Messungen der Momentanspannung und des Momentanstroms (sieben Prüfungen und drei Außenleiter ergeben 21 Zeitreihen) für jedes 10-%-Leistungs-Bin aufgenommen werden. Wenn mehr als diese 21 Zeitreihen für ein Leistungs-Bin aufgenommen worden sind, dann müssen alle Zeitreihen einbezogen werden.

Für 50-Hz-Netze wird das 10-Perioden-Fenster und für 60-Hz-Netze das 12-Perioden-Fenster empfohlen. Die Fenstergröße muss im Prüfbericht angegeben werden (siehe Anhang A).

Oberschwingungsströme unter 0,1 % von I_n für eine beliebige Ordnung der Oberschwingung brauchen nicht erfasst zu werden.

ANMERKUNG Oberschwingungspegel unterhalb von 0,1 % liegen üblicherweise unterhalb der Messgenauigkeit und dürfen als Messrauschen betrachtet werden und sollten nicht angegeben werden.

Auf jeden der gemessenen Ströme ist die DFT mit rechteckiger Fensterung anzuwenden, d. h. auf die gemessenen Zeitreihen darf keine bestimmte Wichtungsfunktion (Hanning, Hamming usw.) angewendet werden. Die Wirkleistung muss über dasselbe Zeitfenster wie die Oberschwingungen bewertet werden. Es wird empfohlen, die Messungen ohne Synchronisation durchzuführen und die Abtastrate später während der Nachbearbeitung einzustellen oder bei ausgefallener Synchronisation entsprechende Messdaten zu verwerfen.

Die THC für jedes 10-Perioden-Fenster für 50 Hz und 12-Perioden-Fenster für 60 Hz muss nach Gleichung (9) berechnet werden:

$$\mathrm{THC} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} I_h^2}}{I_n} \times 100 \qquad (9)$$

Dabei ist

I_h der in eine Untergruppe eingruppierte effektive Oberschwingungsstrom der Ordnung h;

I_n der Nennstrom der WEA.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 61400-21-1:2020-08