

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser VDE-Anwendungsregel ist 2018-11-01.

Bis 2019-04-26 darf das zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser VDE-Anwendungsregel gültige Regelwerk angewendet werden.

Es sind die Fristen des NC RfG (Artikel 4, Abs. 2 und Artikel 72), des NC DCC (Artikel 4, Abs. 2 und Artikel 59) sowie nationale Festlegungen zu beachten.

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	9
Einleitung	10
1 Anwendungsbereich.....	11
2 Normative Verweisungen	11
3 Begriffe und Abkürzungen.....	12
3.1 Begriffe	12
3.2 Abkürzungen	26
4 Allgemeine Grundsätze	27
4.1 Bestimmungen und Vorschriften	27
4.2 Anschlussprozess und anschlussrelevante Unterlagen.....	27
4.2.1 Allgemeines.....	27
4.2.2 Prozess und Anschlusszusage	28
4.2.3 Prozess für Erlaubnis zur Zuschaltung (EZZ)	29
4.2.4 Prozess für vorübergehende Betriebserlaubnis (VBE)	31
4.3 Prozess für Endgültige Betriebserlaubnis (EBE).....	31
5 Netzanschluss	32
5.1 Grundsätze für die Ermittlung des Netzanschlusspunktes.....	32
5.2 Bemessung der Netzbetriebsmittel	32
5.3 Spannung und Frequenz am Netzanschlusspunkt	32
5.4 Netzurückwirkungen	33
5.4.1 Allgemeines.....	33
5.4.2 Schnelle Spannungsänderungen	34
5.4.3 Flicker	34
5.4.4 Harmonische, Zwischenharmonische und höherfrequente Emission	35
5.4.5 Kommutierungseinbrüche	38
5.4.6 Unsymmetrien	38
5.5 Blindleistungsverhalten.....	39
5.6 Resonanzen und Reglerinteraktionen	40
6 Planung und Ausführung des Netzanschlusses.....	40
6.1 Baulicher Teil.....	40
6.1.1 Allgemeines	40
6.1.2 Einzelheiten zur baulichen Ausführung.....	40

	Seite
6.2 Elektrischer Teil.....	40
6.2.1 Allgemeines.....	40
6.2.2 Schaltanlagen	41
6.2.3 Sternpunktbehandlung.....	41
6.2.4 Erdungsanlage	41
6.3 Sekundärtechnik	42
6.3.1 Prozessdatenübertragung.....	42
6.3.2 Eigenbedarfs- und Hilfsenergieversorgung.....	42
6.3.3 Schutzeinrichtungen.....	42
6.3.4 Sprachkommunikation.....	43
6.4 Bereitstellung von Daten für Netz- und Störungsanalysen	43
6.4.1 Netzanalysen	43
6.4.2 Störungsanalysen	44
7 Abrechnungsmessung	44
7.1 Allgemeines.....	44
7.2 Spannungsebene der Abrechnungsmessung.....	44
8 Betrieb der Kundenanlage	44
8.1 Allgemeines.....	44
8.2 Netzführung.....	45
8.3 Arbeiten in der Übergabestation	45
8.4 Zugang	45
8.5 Bedienung vor Ort	45
8.6 Instandhaltung.....	45
8.7 Kupplung von Netzen.....	45
8.8 Betrieb bei Störungen	46
8.9 Notstromaggregate	46
9 Änderungen, Außerbetriebnahmen und Demontage.....	46
10 Erzeugungsanlagen	46
10.1 Allgemeines.....	46
10.2 Verhalten der Erzeugungsanlage am Netz.....	47
10.2.1 Allgemeines.....	47
10.2.2 Statische Spannungshaltung/Blindleistungsbereitstellung	50
10.2.3 Dynamische Netzstützung	60
10.2.4 Wirkleistungsabgabe.....	67
10.2.5 Kurzschlussstrombeitrag der Erzeugungsanlage	74
10.3 Schutzeinrichtungen und Schutzeinstellungen	75
10.3.1 Allgemeines.....	75
10.3.2 Netzschutzeinrichtungen.....	75
10.3.3 Kurzschlusschutzeinrichtungen des Anschlussnehmers	75

	Seite
10.3.4	Entkopplungsschutzeinrichtungen des Anschlussnehmers 75
10.3.5	Zusammenfassung Schutzkonzept bei Anschluss einer Erzeugungsanlage 76
10.3.6	Schutzkonzept für Mischanlagen 76
10.3.7	Schnittstellen für Schutzfunktionsprüfungen 76
10.4	Zuschaltbedingungen und Synchronisierung 76
10.4.1	Allgemeines 76
10.4.2	Zuschalten nach Auslösung durch Schutzeinrichtungen 77
10.4.3	Zuschaltung von Erzeugungseinheiten und -anlagen 78
10.4.4	Kuppelschalter 78
10.5	Weitere Anforderungen an Erzeugungsanlagen 79
10.5.1	Abfangen auf Eigenbedarf 79
10.5.2	Trennen der Erzeugungseinheit vom Netz bei Instabilität 79
10.5.3	Fähigkeit zur Bereitstellung von Primärregelleistung 79
10.5.4	Fähigkeit zur Bereitstellung von Sekundärregelleistung und Minutenreserve 82
10.6	Modelle 82
10.6.1	Allgemeines 82
10.6.2	Detaillierte EZA-Modelle 84
10.6.3	Aggregiertes EZA-Modell 85
10.6.4	Validierung von Modellen 85
10.7	Gesonderte Anforderungen an Erzeugungsanlagen mit Offshore-Netzanschlusspunkt 86
10.7.1	Allgemeines 86
10.7.2	Gesonderte Anforderungen hinsichtlich der Spannungshaltung 86
10.7.3	Gesonderte Anforderungen hinsichtlich der Robustheit 88
10.7.4	Gesonderte Anforderungen hinsichtlich des Netzsicherheitsmanagements 89
10.7.5	Gesonderte Anforderungen hinsichtlich Zuschaltbedingungen und Synchronisierung 89
11	Nachweis der elektrischen Eigenschaften für Erzeugungsanlagen 89
11.1	Gesamter Nachweisprozess 89
11.2	Einheitenzertifikat 92
11.2.1	Allgemeines 92
11.2.2	Netzurückwirkungen 93
11.2.3	Quasistationärer Betrieb und Pendelungen 94
11.2.4	Statische Spannungshaltung/Blindleistungsbereitstellung 94
11.2.5	Dynamische Netzstützung 95
11.2.6	Modelle 98
11.2.7	Wirkleistungsabgabe und Netzsicherheitsmanagement 100
11.2.8	Wirkleistungsanpassung in Abhängigkeit der Netzfrequenz 101
11.2.9	Kurzschlussstrombeitrag der Erzeugungseinheit 105
11.2.10	Schutztechnik und Schutzeinstellungen 106
11.2.11	Zuschaltbedingungen und Synchronisierung 107

	Seite
11.2.12 Trennen der Erzeugungseinheit vom Netz bei Instabilität	107
11.3 Komponentenzertifikat	107
11.3.1 Allgemeines.....	107
11.3.2 Anforderung an EZA-Regler	108
11.3.3 Anforderungen an aktive statische Kompensationsanlagen.....	109
11.3.4 Anforderungen an Spannungsregler inkl. des Erregersystems einer Typ-1- Erzeugungseinheit	109
11.3.5 Anforderungen an Hilfsaggregate bei Typ-1-Erzeugungseinheiten.....	111
11.3.6 Modelle.....	111
11.4 Anlagenzertifikat.....	112
11.4.1 Allgemeines.....	112
11.4.2 Vom Anschlussnehmer zur Erstellung des Anlagenzertifikates bereitzustellenden Unterlagen.....	112
11.4.3 Einspeiseleistung	113
11.4.4 Bemessung der Betriebsmittel	114
11.4.5 Spannungsänderung am Netzanschlusspunkt	114
11.4.6 Erforderliche Netzkurzschlussleistung am Netzanschlusspunkt.....	114
11.4.7 Netzurückwirkungen.....	114
11.4.8 Quasistationärer Betrieb, Polrad-/Netzpendelungen	116
11.4.9 Nachweis der Teilnetzbetriebsfähigkeit	116
11.4.10 Nachweis der Schwarzstartfähigkeit	117
11.4.11 Statische Spannungshaltung/Blindleistungsbereitstellung	117
11.4.12 Dynamische Netzstützung	119
11.4.13 Wirkleistungsabgabe.....	122
11.4.14 Netzsicherheitsmanagement	122
11.4.15 Wirkleistungseinspeisung in Abhängigkeit der Netzfrequenz (Über- und Unterfrequenz)	123
11.4.16 Kurzschlussstrombeitrag der Erzeugungsanlage	123
11.4.17 Schutztechnik und Schutzeinstellungen	123
11.4.18 Zuschaltbedingungen und Synchronisierung.....	124
11.4.19 Abfangen auf Eigenbedarfsbetrieb bzw. schnelle Resynchronisierung.....	125
11.4.20 Anforderungen an die Fähigkeit zur Regelleistungsbereitstellung	125
11.4.21 Eigenbedarfs- und Hilfsenergieversorgung.....	125
11.4.22 Sprunghafte Spannungsänderungen	125
11.4.23 EZA-Modell und Genauigkeit	125
11.4.24 Gesonderte Anforderungen hinsichtlich des Nachweises der elektrischen Eigenschaften bei Erzeugungsanlagen mit Offshore-Netzanschlusspunkt.....	126
11.4.25 Nachtrag zum Anlagenzertifikat.....	126
11.5 Inbetriebnahmephase	126
11.5.1 Inbetriebnahme der Netzanschlusses.....	126
11.5.2 Inbetriebnahme der Erzeugungseinheiten.....	126

	Seite
11.5.3 Inbetriebnahme der gesamten Erzeugungsanlage und Inbetriebnahmeerklärung	126
11.5.4 Konformitätserklärung	128
11.5.5 Betriebsphase.....	129
11.6 Einzelnachweisverfahren.....	130
11.6.1 Allgemeines	130
11.6.2 Inbetriebnahme einer Erzeugungsanlage	131
12 Prototypen-Regelung.....	131
Anhang A (informativ) Begriffe „Erzeugungseinheit“ und „Erzeugungsanlage“	134
Anhang B (informativ) Erläuterungen	135
B.1 Erläuterungen zur sprunghaften Spannungsänderung	135
B.2 „Fault-Ride-Through“-Kurven	135
B.3 Ermittlung des k -Faktors am Netzanschlusspunkt	136
B.4 Gleichungen für die Beschreibung der dynamischen Netzstützung	137
B.5 Richtungsdefinition von P und Q	138
B.6 Netzurückwirkungen	139
B.6.1 Spannungsänderungen bei Erzeugungseinheiten	139
B.6.2 Flicker	140
B.6.3 Flicker für Erzeugungsanlagen.....	140
B.6.4 Addition der Langzeitflickerstärken	140
B.6.5 Oberschwingungen und Zwischenharmonische	141
B.7 Teilnetzbetriebsfähigkeit und Reglerstruktur	141
Anhang C (normativ) Weitere Festlegungen	143
C.1 Toleranzbereich für den zusätzlichen Blindstrom	143
C.2 Prinzipielles Reglerverhalten.....	144
Anhang D (informativ) Erläuterungen zum gleitenden Totband für die Primärregelleistung	145
Anhang E (informativ) Vordrucke.....	146
E.1 Antragstellung.....	146
E.2 Datenblatt zur Beurteilung von Netzurückwirkungen	147
E.3 Netzanschlussplanung	149
E.4 Errichtungsplanung.....	149
E.5 Inbetriebsetzungsprotokoll für Übergabestationen.....	149
E.6 Datenblatt einer Erzeugungsanlage/eines Speichers – Höchstspannung	150
E.7 Netzbetreiberabfragebogen.....	155
E.8 Inbetriebsetzungsprotokoll für Erzeugungseinheiten und Speicher.....	161
E.9 Inbetriebnahmeerklärung Erzeugungsanlage/Speicher	161
E.10 Konformitätserklärung für Erzeugungsanlagen/Speicher.....	165
E.11 Einheitenzertifikat	167
E.12 Komponenten-Zertifikat	168
E.13 Anlagenzertifikat.....	169

	Seite
E.14 Betriebserlaubnisverfahren	170
Literaturhinweise	171
Bilder	
Bild 1 – Anschluss- und Inbetriebnahmeprozess	28
Bild 2 – Mindestanforderungen an den quasistationären Betrieb von Kundenanlagen	33
Bild 3 – Zulässiger Bereich des Verschiebungsfaktors $\cos \varphi$ bei Wirkleistungsbezug der Kundenanlage (dargestellt im Verbraucherzählpfeilsystem)	39
Bild 4 – Mindestanforderungen an den quasistationären Betrieb von Erzeugungsanlagen	47
Bild 5 – Varianten der Anforderungen an Erzeugungsanlagen des Typen 1 an die Blindleistungsbereitstellung am Netzanschlusspunkt für die 380-kV- und 220-kV-Ebene	52
Bild 6 – Varianten der Anforderungen an Erzeugungsanlagen des Typen 2 an die Blindleistungsbereitstellung am Netzanschlusspunkt für die 380-kV- und 220-kV-Ebene	53
Bild 7 – Varianten der PQ -Diagramme der Erzeugungsanlagen des Typen 2 am Netzanschlusspunkt im Verbraucherzählpfeilsystem.....	54
Bild 8 – Beispiel für eine $Q(U)$ -Kennlinie	56
Bild 9 – Beispiel für eine Q -Vorgabe (für Variante 2 nach den Bildern 5 und 6).....	58
Bild 10 – Grenzkurve für relative Spannungserhöhungen	62
Bild 11 – Fault-Ride-Through-Grenzkurve (FRT) für den Spannungsverlauf am Netzanschlusspunkt für eine Erzeugungsanlage vom Typ 1	63
Bild 12 – Fault-Ride-Through-Grenzkurve für den Spannungsverlauf am Netzanschlusspunkt für eine Erzeugungsanlage vom Typ 2.....	64
Bild 13 – Prinzip der Spannungsstützung bei Netzfehlern	66
Bild 14 – Anforderung an die Abgabeleistung der Erzeugungsanlagen im dynamischen Kurzzeitbereich	69
Bild 15 – Wirkleistungsanpassung von Erzeugungsanlagen vom Typ 1 und Typ 2 sowie stufenlos steuerbarer Verbrauchseinrichtungen und Speicher vom Typ 1 bei Über- und Unterfrequenz mit einer Statik von 5 % und Frequenzgrenzwerten von 49,8 Hz und 50,2 Hz für den Beginn der Wirkleistungsanpassung	71
Bild 16 – Wirkleistungsanpassung stufenlos steuerbarer Verbrauchseinrichtungen und Speicher vom Typ 2 bei Über- und Unterfrequenz mit einer Statik von 2 % und Frequenzgrenzwerten von 49,8 Hz und 50,2 Hz für den Beginn der Wirkleistungsanpassung.....	72
Bild 17 – Bildung des Signals für die Zuschaltbedingungen am Netzanschlusspunkt.....	77
Bild 18 – Funktionsschema Zuschaltung eines Kuppelschalters (der Erzeugungseinheiten)	77
Bild 19 – Leistungs-Frequenzkennlinie zur Bereitstellung von Primärregelleistung ohne Totband	80
Bild 20 – Zeitverhalten zur Bereitstellung von Primärregelleistung (bei voller Aktivierung).....	81
Bild 21 – Anforderungen an Offshore-Erzeugungsanlagen an die Blindleistungsbereitstellung für die 150-kV- und 220-kV-Ebene.....	87
Bild 22 – PQ -Diagramme der Offshore-Erzeugungsanlagen am Netzanschluss im Erzeugerzählpfeilsystem	88
Bild 23 – Grenzkurve für relative Spannungserhöhungen für Offshore-Stromerzeugungsanlagen.....	89
Bild 24 – Darstellung des Nachweisprozesses für Anlagenzertifikat A.....	90
Bild 25 – Veranschaulichung der Frequenzsprünge für Erzeugungseinheiten der Typen 1 und 2 sowie Speicher vom Typ 1	103
Bild 26 – Veranschaulichung der Frequenzsprünge für Speicher vom Typ 2.....	103

	Seite
Bild B.1 – Beispiel für eine sprunghafte Spannungsänderung	135
Bild B.2 – Beispiel eines Windparks zur Ermittlung der k -Faktoren	137
Bild B.3 – Positive Richtung von Spannungen und Strömen	139
Bild B.4 – Scheinleistungskreis.....	139
Bild B.5 – Prinzipielle Reglerstruktur in leistungsregelbaren Erzeugungseinheiten.....	142
Bild C.1 – Toleranzbereich für Δi_B	143
Bild C.2 – Prinzipielles Reglerverhalten einer Erzeugungsanlage	144
Bild D.1 – Aufbau des gleitenden Totbands	145
Tabellen	
Tabelle 1 – Zulässige Spannungsänderung in Abhängigkeit von Häufung und Pausenzeit.....	34
Tabelle 2 – Proportionalitätsfaktoren q_V für die Berechnung der zulässigen Oberschwingungsströme	37
Tabelle 3 – Proportionalitätsfaktoren für die vereinfachte Berechnung der zulässigen zwischenharmonischen Ströme der Ordnung μ	37
Tabelle 4 – Anforderungen an die Anschwing- und Einschwingzeiten bezüglich Wirkleistungseinspeisung bei Über- und Unterfrequenz	73
Tabelle 5 – Parameter für die Fähigkeit zur Bereitstellung von Primärenergieleistung.....	80
Tabelle 6 – Parameter für die Fähigkeit zur Bereitstellung von Sekundärenergieleistung und Minutenreserve.....	82
Tabelle 7 – Mindestanforderungen an detaillierte und aggregierte EZA-Modelle	84
Tabelle 8 – Prüfsequenz für Mehrfachfehler	96
Tabelle 9 – Umfang der notwendigen Angaben im Einheitszertifikat zu den Kurzschlussstrombeiträgen	105
Tabelle 10 – Zeitpunkte nach Fehlereintritt zum Ausweis der Kurzschlussströme	106
Tabelle 11 – Vom Anschlussnehmer bereitzustellende Unterlagen zur Erarbeitung des Anlagenzertifikates	113