

Anwendungsbeginn

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

Für VDE-AR-N 4120:2015-01 besteht eine Übergangsfrist bis 2019-04-26.

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.....	10
Einleitung	11
1 Anwendungsbereich	12
2 Normative Verweisungen	13
3 Begriffe und Abkürzungen	15
3.1 Begriffe	15
3.2 Abkürzungen	29
4 Allgemeine Grundsätze	30
4.1 Bestimmungen und Vorschriften	30
4.2 Anschlussprozess und anschlussrelevante Unterlagen.....	31
4.2.1 Allgemeines	31
4.2.2 Anschlussanmeldung/Grobplanung (Tabelle 1, Punkte 1 und 2).....	33
4.2.3 Reservierung/Feinplanung (Tabelle 1, Punkt 3 bis Punkt 6).....	34
4.2.4 Bauvorbereitung und Bau (Tabelle 1, Punkt 7 bis Punkt 9).....	35
4.2.5 Vorbereitung der Inbetriebsetzung (Tabelle 1, Punkt 11 bis Punkt 15)	36
4.3 Inbetriebnahme des Netzanschlusses/Inbetriebsetzung der Übergabestation.....	37
4.4 Inbetriebsetzung der Erzeugungsanlage.....	37
5 Netzanschluss	38
5.1 Grundsätze für die Ermittlung des Netzanschlusspunkts.....	38
5.2 Bemessung der Netzbetriebsmittel	39
5.3 Betriebsspannung und Mindestkurzschlussleistung am Netzanschlusspunkt für Typ 1-Anlagen	40
5.3.1 Allgemein.....	40
5.3.2 Mindestkurzschlussleistung am Netzanschlusspunkt für Typ-1-Anlagen	40
5.4 Netzwirkungen	40
5.4.1 Allgemeines	40
5.4.2 Schnelle Spannungsänderungen	41
5.4.3 Flicker	42
5.4.4 Oberschwingungen und Zwischenharmonische	42
5.4.5 Kommutierungseinbrüche	43
5.4.6 Unsymmetrien	44
5.4.7 Tonfrequenz-Rundsteuerung	44
5.4.8 Trägerfrequente Nutzung des Kundennetzes	44
5.4.9 Vorkehrungen gegen Spannungseinbrüche und Versorgungsunterbrechungen.....	44
5.5 Blindleistungsverhalten.....	45

	Seite	
6	Übergabestation.....	46
6.1	Baulicher Teil.....	46
6.1.1	Allgemeines.....	46
6.1.2	Einzelheiten zur baulichen Ausführung.....	46
6.2	Elektrischer Teil.....	48
6.2.1	Allgemeines.....	48
6.2.2	Schaltanlagen.....	48
6.2.3	Sternpunktbehandlung.....	49
6.2.4	Erdungsanlage.....	50
6.3	Sekundärtechnik.....	50
6.3.1	Fernwirk- und Prozessdatenübertragung an die netzführende Stelle.....	50
6.3.2	Eigenbedarfs- und Hilfsenergieversorgung.....	50
6.3.3	Schutzeinrichtungen.....	51
6.4	Störschreiber.....	54
6.4.1	Störschreiber am Netzanschlusspunkt.....	54
6.4.2	Störschreiber in der Kundenanlage.....	55
7	Abrechnungsmessung.....	55
7.1	Allgemeines.....	55
7.2	Zählerplatz.....	55
7.3	Netz-Steuerplatz.....	56
7.4	Messeinrichtung.....	56
7.5	Messwandler.....	56
7.6	Datenfernübertragung.....	57
7.7	Spannungsebene der Abrechnungsmessung.....	57
8	Betrieb der Kundenanlage.....	57
8.1	Allgemeines.....	57
8.2	Netzführung.....	58
8.3	Arbeiten in der Übergabestation.....	59
8.4	Zugang.....	59
8.5	Bedienung vor Ort.....	60
8.6	Instandhaltung.....	60
8.7	Kupplung von 110-kV-Stromkreisen.....	60
8.8	Betrieb bei Störungen.....	60
8.9	Notstromaggregate.....	61
8.9.1	Allgemeines.....	61
8.9.2	Dauer des Netzparallelbetriebs.....	62
8.10	Besondere Anforderungen an den Betrieb von Speichern.....	62
8.10.1	Betriebsmodi.....	62
8.10.2	Technisch-bilanzielle Anforderungen.....	62
8.10.3	Lastmanagement.....	63
8.10.4	Dynamische Netzstützung im Betriebsmodus „Energiebezug“.....	63

	Seite
8.11 Besondere Anforderungen an den Betrieb von Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge	63
8.11.1 Allgemeines	63
8.11.2 Blindleistung	63
8.11.3 Wirkleistungsbegrenzung	63
8.11.4 Wirkleistungsabgabe bei Über- und Unterfrequenz	64
8.12 Lastregelung bzw. Lastzuschaltung	64
8.13 Leistungsüberwachung.....	64
9 Änderungen, Außerbetriebnahmen und Demontage	64
10 Erzeugungsanlagen.....	65
10.1 Allgemeines	65
10.2 Verhalten der Erzeugungsanlage am Netz	66
10.2.1 Allgemeines	66
10.2.2 Statische Spannungshaltung/Blindleistungsbereitstellung.....	69
10.2.3 Dynamische Netzstützung.....	79
10.2.4 Wirkleistungsabgabe	86
10.2.5 Kurzschlussstrombeitrag der Erzeugungsanlage.....	94
10.3 Schutzeinrichtungen und Schutzeinstellungen	95
10.3.1 Allgemeines	95
10.3.2 Netzschutzeinrichtungen	96
10.3.3 Kurzschlusschutzeinrichtungen des Anschlussnehmers	96
10.3.4 Entkupplungsschutzeinrichtungen des Anschlussnehmers	97
10.3.5 Zusammenfassung Schutzkonzept bei Anschluss einer Erzeugungsanlage	101
10.3.6 Schutzkonzept bei Mischanlagen.....	102
10.4 Zuschaltbedingungen und Synchronisierung	104
10.4.1 Allgemeines	104
10.4.2 Zuschalten nach Auslösung durch Schutzeinrichtungen	104
10.4.3 Zuschaltung mit Hilfe von Synchronisierungseinrichtungen	106
10.4.4 Zuschaltung von Asynchrongeneratoren	106
10.4.5 Kuppelschalter.....	106
10.5 Weitere Anforderungen an Erzeugungsanlagen	107
10.5.1 Abfangen auf Eigenbedarf.....	107
10.5.2 Trennen der Erzeugungseinheit vom Netz bei Instabilität	107
10.5.3 Fähigkeit zur Bereitstellung von Primärregelleistung	107
10.5.4 Fähigkeit zur Bereitstellung von Sekundärregelleistung und Minutenreserve	110
10.6 Modelle	110
10.6.1 Allgemeines	110
10.6.2 Funktionsumfang und Genauigkeitsanforderungen	111
10.6.3 Modelldokumentation	112
10.6.4 Parametrierung.....	112
11 Nachweis der elektrischen Eigenschaften für Erzeugungsanlagen	112
11.1 Gesamter Nachweisprozess	112

	Seite
11.2 Einheitenzertifikat.....	115
11.2.1 Allgemeines.....	115
11.2.2 Netzurückwirkungen.....	116
11.2.3 Quasistationärer Betrieb und Pendelungen.....	117
11.2.4 Statische Spannungshaltung/Blindleistungsbereitstellung.....	117
11.2.5 Dynamische Netzstützung.....	118
11.2.6 Modelle.....	122
11.2.7 Wirkleistungsabgabe und Netzsicherheitsmanagement.....	124
11.2.8 Wirkleistungsanpassung in Abhängigkeit der Netzfrequenz.....	125
11.2.9 Kurzschlussstrombeitrag der Erzeugungseinheit.....	128
11.2.10 Schutztechnik und Schutzeinstellungen.....	130
11.2.11 Zuschaltbedingungen und Synchronisierung.....	130
11.2.12 Trennen der Erzeugungseinheit vom Netz bei Instabilität.....	131
11.3 Komponentenzertifikat.....	131
11.3.1 Allgemeines.....	131
11.3.2 Anforderung an EZA-Regler.....	132
11.3.3 Anforderungen an aktive statische Kompensationsanlagen.....	133
11.3.4 Anforderungen an Spannungsregler inkl. des Erregersystems einer Typ-1-Erzeugungseinheit....	133
11.3.5 Anforderungen an Hilfsaggregate bei Typ-1-Erzeugungseinheiten.....	135
11.3.6 Modelle.....	136
11.4 Anlagenzertifikat.....	136
11.4.1 Allgemeines.....	136
11.4.2 Vom Anschlussnehmer zur Erstellung des Anlagenzertifikats bereitzustellenden Unterlagen.....	137
11.4.3 Einspeiseleistung.....	138
11.4.4 Bemessung der Betriebsmittel.....	138
11.4.5 Spannungsänderung am Netzanschlusspunkt.....	138
11.4.6 Erforderliche Netzkurzschlussleistung am Netzanschlusspunkt von Typ-1-Anlagen.....	138
11.4.7 Netzurückwirkungen.....	139
11.4.8 Quasistationärer Betrieb, Polrad-/Netzpendelungen.....	142
11.4.9 Nachweis der Inselbetrieb und der Teilnetzbetriebsfähigkeit.....	142
11.4.10 Nachweis der Schwarzstartfähigkeit.....	143
11.4.11 Statische Spannungshaltung/Blindleistungsbereitstellung.....	143
11.4.12 Dynamische Netzstützung.....	145
11.4.13 Wirkleistungsabgabe.....	148
11.4.14 Netzsicherheitsmanagement.....	148
11.4.15 Wirkleistungseinspeisung in Abhängigkeit der Netzfrequenz (Über- und Unterfrequenz).....	149
11.4.16 Kurzschlussstrombeitrag der Erzeugungsanlage.....	149
11.4.17 Schutztechnik und Schutzeinstellungen.....	149
11.4.18 Zuschaltbedingungen und Synchronisierung.....	150
11.4.19 Abfangen auf Eigenbedarfsbetrieb.....	151
11.4.20 Anforderungen an Regelleistungsbereitstellung.....	151

	Seite
11.4.21	Eigenbedarfs- und Hilfsenergieversorgung..... 151
11.4.22	Sprunghafte Spannungsänderungen 152
11.4.23	EZA-Modell und Genauigkeit 152
11.4.24	Nachtrag zum Anlagenzertifikat 152
11.5	Inbetriebsetzungsphase 152
11.5.1	Inbetriebsetzung der Übergabestation 152
11.5.2	Inbetriebsetzung der Erzeugungseinheiten, des EZA-Reglers und ggf. weiterer Komponenten .. 153
11.5.3	Inbetriebsetzung der gesamten Erzeugungsanlage und Inbetriebsetzungserklärung..... 153
11.5.4	Konformitätserklärung 156
11.5.5	Betriebsphase..... 156
11.5.6	Störende Rückwirkungen auf das Netz..... 157
11.6	Einzelnachweisverfahren..... 157
11.6.1	Allgemeines 157
11.6.2	Anlagenzertifikat C 158
11.6.3	Inbetriebsetzung einer Erzeugungsanlage..... 159
11.6.4	Erweiterte Konformitätserklärung 160
11.6.5	Betrieb der Erzeugungsanlage..... 161
12	Prototypen-Regelung..... 161
Anhang A (informativ)	Begriffe „Erzeugungseinheit“ und „Erzeugungsanlage“ 164
Anhang B (informativ)	Erläuterungen 166
B.1	Drehstrom- und Drehspannungssystem..... 166
B.2	Erläuterungen zur sprunghaften Spannungsänderung 167
B.3	Kurzschlussverhalten von Erzeugungseinheiten (Typ-2-Anlagen) 167
B.4	„Fault-Ride-Through“-Kurven 169
B.5	Typischer Zyklus einer erfolglosen AWE im 110-kV-Netz..... 169
B.6	Ermittlung des k -Faktors am Netzanschlusspunkt 169
B.7	Gleichungen für die Beschreibung der dynamischen Netzstützung 170
B.8	Richtungsdefinition von P und Q 172
B.9	Netzurückwirkungen 173
B.9.1	Spannungsänderungen bei Erzeugungseinheiten 173
B.9.2	Flicker für Erzeugungsanlagen..... 173
B.9.3	Addition der Flickerstärken..... 173
B.9.4	Oberschwingungen und Zwischenharmonische 175
Anhang C (normativ)	Weitere Festlegungen 176
C.1	Toleranzbereich für den zusätzlichen Blindstrom 176
C.2	Prinzipielles Reglerverhalten 177
C.3	Prozessdatenumfang..... 177
Anhang D (informativ)	Beispiel für einen 110-kV-Stichanschluss 180
Anhang E (normativ)	Vordrucke 181
E.1	Antragstellung..... 181
E.2	Datenblatt zur Beurteilung von Netzurückwirkungen 182

	Seite
E.3	Netzanschlussplanung 184
E.4	Errichtungsplanung 185
E.5	Inbetriebsetzungsprotokoll für Übergabestationen 186
E.6	Datenblatt einer Erzeugungsanlage/eines Speichers – Hochspannung 187
E.7	Netzbetreiber-Abfragebogen 192
E.8	Inbetriebsetzungsprotokoll für Erzeugungseinheiten und Speicher 198
E.9	Inbetriebsetzungserklärung Erzeugungsanlage/Speicher 200
E.10	Konformitätserklärung für Erzeugungsanlagen/Speicher 204
E.11	Einheitenzertifikat 206
E.12	Komponentenzertifikat 207
E.13	Anlagenzertifikat 208
E.14	Betriebserlaubnisverfahren 209
E.15	Beschränktes Betriebserlaubnisverfahren 210
	Anhang F (normativ) Störschreiber am Netzanschlusspunkt 211
	Anhang G (normativ) Störschreiber in der Kundenanlage 213
	Literaturhinweise 214
Bilder	
Bild 1	– Anschlussprozess und dazugehörige Nachweise 38
Bild 2	– Zulässiger Bereich des Verschiebungsfaktors $\cos \varphi$ bei Wirkleistungsbezug der Kundenanlage (dargestellt im Verbraucherzählpeilsystem) 45
Bild 3	– Beispiel für eine Prüfklemmenleiste 54
Bild 4	– Mindestanforderungen an den quasistationären Betrieb von Erzeugungsanlagen 66
Bild 5	– Varianten der Anforderungen an Erzeugungsanlagen an die Blindleistungsbereitstellung am Netzanschlusspunkt 70
Bild 6	– Varianten der PQ -Diagramme der Erzeugungsanlage am Netzanschlusspunkt im Verbraucherzählpeilsystem 71
Bild 7	– Beispiel für eine $Q(U)$ -Kennlinie für Variante 2 73
Bild 8	– Beispiel für eine Q -Vorgabe nach Variante 2 75
Bild 9	– Beispiel der Erfüllung der $Q(U)$ -Kennlinien-Regelung an zu vereinbarem Ort bei Misanlagen 78
Bild 10	– Grenzkurve für relative Spannungserhöhungen 81
Bild 11	– Fault-Ride-Through-Grenzkurve (FRT) für den Spannungsverlauf am Netzanschlusspunkt für eine Erzeugungsanlage vom Typ 1 82
Bild 12	– Fault-Ride-Through-Grenzkurve für den Spannungsverlauf am Netzanschlusspunkt für eine Erzeugungsanlage vom Typ 2 83
Bild 13	– Prinzip der Spannungsstützung bei Netzfehlern 85
Bild 14	– Anforderung an die Abgabeleistung der Erzeugungseinheiten im dynamischen Kurzzeitbereich ... 89
Bild 15	– Wirkleistungsanpassung von Erzeugungsanlagen vom Typ 1 und Typ 2 sowie 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 91
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 92
Bild 17	– Prinzipskizze der $Q-U$ -Schutzfunktion 99

	Seite
Bild 18 – Schutzkonzept bei Anschluss von Erzeugungsanlagen im Stich.....	102
Bild 19 – Schutzkonzept bei Anschluss von Mischanlagen.....	104
Bild 20 – Bildung des Freigabesignals am Netzanschlusspunkt.....	105
Bild 21 – Funktionsschema Wiederzuschaltung eines Kuppelschalters (der Erzeugungseinheiten).....	105
Bild 22 – Leistungs-Frequenzkennlinie zur Bereitstellung von Primärregelleistung ohne Totband.....	108
Bild 23 – Zeitverhalten zur Bereitstellung von Primärregelleistung (bei voller Aktivierung).....	109
Bild 24 – Darstellung des Nachweisprozesses.....	113
Bild 25 – Veranschaulichung der Frequenzsprünge für Erzeugungseinheiten der Typen 1 und 2 sowie Speicher vom Typ 1.....	126
Bild 26 – Veranschaulichung der Frequenzsprünge für Speicher vom Typ 2.....	127
Bild A.1 – Erzeugungsanlage mit Netztransformator.....	164
Bild A.2 – Erzeugungsanlage ohne Netztransformator.....	165
Bild B.1a – Symmetrische Quellenspannung.....	166
Bild B.1b – Ersatzschaltbild für eine Erzeugungsanlage und/oder ein Drehstromnetz.....	166
Bild B.2 – Beispiel für eine sprunghafte Spannungsänderung.....	167
Bild B.3 – Darstellung von Erzeugungseinheiten mit Stromquellen in symmetrischen Komponenten.....	168
Bild B.4 – Darstellung einer Erzeugungseinheit mit Spannungsquelle in symmetrischen Komponenten.....	168
Bild B.5 – Beispiel eines Spannungsverlaufs während einer erfolglosen AWE im Hochspannungsnetz.....	169
Bild B.6 – Beispiel der Ermittlung der k -Faktoren eines Windparks.....	170
Bild B.7 – Positive Richtung von Spannungen und Strömen. Ein Betriebsmittel kann z. B. ein Kabel, eine Erzeugungsanlage, eine Erzeugungseinheit oder ein FACTS-Element sein.....	172
Bild B.8 – Scheinleistungskreis.....	172
Bild B.9 – Bewertungsschema für Flickerbetrachtung im Hochspannungsnetz.....	174
Bild C.1 – Toleranzbereich für Δi_B	176
Bild C.2 – Prinzipielles Reglerverhalten einer Erzeugungsanlage.....	177
Bild D.1 – Beispiel für einen 110-kV-Stichanschluss.....	180
Tabellen	
Tabelle 1 – Zeitplan zur Errichtung eines Netzanschlusses.....	32
Tabelle 2 – Minimal zulässige Flickerstärkepegel.....	42
Tabelle 3 – Auf die Netzkurzschlussleistung S_{KV} am Netzverknüpfungspunkt bezogene zulässige Oberschwingungsströme $i_{V,\mu \text{ zul}}$ in A/GVA.....	43
Tabelle 4 – Beispiele für Schutzfunktionen für einen Netztransformator.....	53
Tabelle 5 – Anforderungen an die Anschwing- und Einschwingzeiten bezüglich Wirkleistungseinspeisung bei Über- und Unterfrequenz.....	93
Tabelle 6 – Empfohlene Einstellwerte für den Schutz einer Erzeugungsanlage am Netzanschlusspunkt... ..	100
Tabelle 7 – Einstellwerte für den Schutz auf der Unterspannungsseite des Netztransformators.....	100
Tabelle 8 – Empfohlene Einstellwerte für den Schutz an der Erzeugungseinheit bei Anschluss der Erzeugungsanlage im Stich.....	101
Tabelle 9 – Parameter für die Fähigkeit zur Bereitstellung von Primärregelleistung.....	108
Tabelle 10 – Parameter für die Fähigkeit zur Bereitstellung von Sekundärregelleistung und Minutenreserve.....	110
Tabelle 11 – Prüfsequenz für Mehrfachfehler.....	119
Tabelle 12 – Umfang der notwendigen Angaben im Einheitszertifikat zu Kurzschlussstrombeiträgen.....	129

	Seite
Tabelle 13 – Zeitpunkte nach Fehlereintritt zum Ausweis der Kurzschlussströme.....	130
Tabelle 14 – Vom Anschlussnehmer bereitzustellende Unterlagen zur Erarbeitung des Anlagenzertifikats.....	137
Tabelle B.1 – Grenzwerte für zulässige Oberschwingungsspannungen, erzeugt durch Erzeugungsanlagen am Hochspannungsnetz	175
Tabelle C.1 – Beispiel für Prozessdatenumfang für Kundenanlagen bei einem Einfachstich-Anschluss.....	178
Tabelle C.2 – Beispiel für zusätzliche Prozessdaten für Erzeugungsanlagen, Speicher und Mischanlagen	179