

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn der VDE-Anwendungsregel ist ...

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	11
Einleitung	12
1 Anwendungsbereich	13
2 Normative Verweisungen	14
3 Begriffe und Abkürzungen	15
3.1 Begriffe	15
3.2 Abkürzungen	27
4 Allgemeine Grundsätze	28
4.1 Bestimmungen und Vorschriften	28
4.2 Anmeldeverfahren und anschlussrelevante Unterlagen	29
4.2.1 Allgemeines	29
4.2.2 Anschlussanmeldung/Grobplanung (Punkte 1 und 2 der Tabelle 1)	31
4.2.3 Reservierung/Feinplanung (Punkt 3 bis Punkt 6 der Tabelle 1)	32
4.2.4 Bauvorbereitung und Bau (Punkt 7 bis Punkt 9 der Tabelle 1).....	33
4.2.5 Vorbereitung der Inbetriebsetzung (Punkt 11 bis Punkt 15 der Tabelle 1).....	33
4.3 Inbetriebnahme des Netzanschlusses/Inbetriebsetzung der Übergabestation.....	34
4.4 Inbetriebsetzung der Erzeugungsanlage.....	35
5 Netzanschluss	36
5.1 Grundsätze für die Ermittlung des Netzanschlusspunktes.....	36
5.2 Bemessung der Netzbetriebsmittel	37
5.3 Betriebsspannung und minimale Kurzschlussleistung am Netzanschlusspunkt.....	38
5.4 Netzurückwirkungen	38
5.4.1 Allgemeines	38
5.4.2 Schnelle Spannungsänderungen	39
5.4.3 Flicker	39
5.4.4 Oberschwingungen und Zwischenharmonische	40
5.4.5 Kommutierungseinbrüche	41
5.4.6 Unsymmetrien	41
5.4.7 Tonfrequenz-Rundsteuerung	42
5.4.8 Trägerfrequente Nutzung des Kundennetzes	42
5.4.9 Vorkehrungen gegen Spannungsabsenkungen und Versorgungsunterbrechungen.....	42
5.5 Blindleistungsverhalten.....	42
6 Übergabestation	43
6.1 Baulicher Teil.....	43
6.1.1 Allgemeines	43

	Seite
6.1.2 Einzelheiten zur baulichen Ausführung.....	44
6.2 Elektrischer Teil.....	45
6.2.1 Allgemeines.....	45
6.2.2 Schaltanlagen	46
6.2.3 Sternpunktbehandlung.....	47
6.2.4 Erdungsanlage	47
6.3 Sekundärtechnik.....	47
6.3.1 Prozessdatenübertragung.....	47
6.3.2 Eigenbedarfs- und Hilfsenergieversorgung.....	48
6.3.3 Schutzeinrichtungen.....	48
6.3.3.1 Allgemeines.....	48
6.3.3.2 Netzschutzeinrichtungen.....	49
6.3.3.3 Kurzschlusschutzeinrichtungen des Anschlussnehmers	50
6.3.3.4 Frequenzabhängiger Lastabwurf	50
6.4 Störschreiber	50
6.4.1 Störschreiber am Netzanschlusspunkt	50
6.4.2 Störschreiber in der Kundenanlage	51
7 Abrechnungsmessung	51
7.1 Allgemeines.....	51
7.1.1 Zählerplatz.....	51
7.1.2 Netz-Steuerplatz	52
7.2 Spannungsebene der Abrechnungsmessung.....	52
8 Betrieb der Kundenanlage	52
8.1 Allgemeines.....	52
8.2 Netzführung.....	53
8.3 Arbeiten in der Übergabestation	54
8.4 Zugang	54
8.5 Bedienung vor Ort	54
8.6 Instandhaltung.....	55
8.7 Kupplung von 110-kV-Stromkreisen	55
8.8 Betrieb bei Störungen	55
8.9 Notstromaggregate	56
8.9.1 Allgemeines.....	56
8.9.2 Dauer des Netzparallelbetriebes.....	56
8.10 Besondere Anforderungen an den Betrieb von Speichern	56
8.10.1 Betriebsmodi	56
8.10.2 Technisch-bilanzielle Anforderungen.....	57
8.10.3 Lastmanagement	57
8.11 Lastregelung bzw. Lastzuschaltung.....	57

	Seite	
9	Änderungen, Außerbetriebnahmen und Demontage	58
10	Erzeugungsanlagen.....	58
10.1	Allgemeines	58
10.2	Verhalten der Erzeugungsanlage am Netz	59
10.2.1	Allgemeines	59
10.2.1.1	Quasistationärer Betrieb.....	59
10.2.1.2	Polrad- bzw. Netzpendelungen	59
10.2.1.3	Inselbetrieb sowie Teilnetzbetriebsfähigkeit.....	60
10.2.1.4	Schwarzstartfähigkeit	61
10.2.2	Statische Spannungshaltung/Blindleistungsbereitstellung.....	62
10.2.2.1	Allgemeine Randbedingungen	62
10.2.2.2	Blindleistungsbereitstellung bei $P_{b\ inst}$	62
10.2.2.3	Blindleistungsbereitstellung unterhalb von $P_{b\ inst}$	63
10.2.2.4	Verfahren zur Blindleistungsbereitstellung.....	64
10.2.2.5	Besonderheiten bei der Erweiterung von Erzeugungsanlagen.....	69
10.2.2.6	Besonderheiten bei Mischanlagen mit Bezugsanlagen	69
10.2.3	Dynamische Netzstützung.....	71
10.2.3.1	Allgemeines	71
10.2.3.2	Dynamische Netzstützung für Typ-1-Anlagen	72
10.2.3.3	Dynamische Netzstützung für Typ-2-Anlagen	73
10.2.4	Wirkleistungsabgabe	77
10.2.4.1	Allgemeines.....	77
10.2.4.2	Netzsicherheitsmanagement.....	77
10.2.4.3	Wirkleistungseinspeisung bei Über- und Unterfrequenz.....	78
10.2.5	Kurzschlussstrombeitrag der Erzeugungsanlage.....	82
10.2.6	Modelle	83
10.2.6.1	Allgemeines	83
10.2.6.2	Modellkomponenten	84
10.2.6.3	Parametrierung.....	85
10.2.6.4	Validierung	85
10.3	Schutzeinrichtungen und Schutzeinstellungen	85
10.3.1	Allgemeines	85
10.3.2	Netzschutzeinrichtungen	86
10.3.3	Kurzschlusschutzeinrichtungen des Anschlussnehmers	86
10.3.4	Entkuppelungsschutzeinrichtungen des Anschlussnehmers	87
10.3.4.1	Allgemeines.....	87
10.3.4.2	Spannungsschutzeinrichtungen	87
10.3.4.3	Frequenzschutzeinrichtungen	88
10.3.4.4	Q-U-Schutz.....	88

	Seite
10.3.4.5	Entkupplungsschutzeinrichtungen am Netzanschlusspunkt (110-kV-seitig) 89
10.3.4.6	Entkupplungsschutzeinrichtungen auf der Unterspannungsseite des Netztransformators 90
10.3.4.7	Entkupplungsschutzeinrichtungen an den Erzeugungseinheiten 90
10.3.5	Zusammenfassung Schutzkonzept bei Anschluss einer Erzeugungsanlage 92
10.3.6	Schutzkonzept bei Mischanlagen 92
10.3.7	Schnittstellen für Schutzfunktions-Prüfungen 94
10.4	Zuschaltbedingungen und Synchronisierung 95
10.4.1	Allgemeines 95
10.4.2	Zuschalten nach Auslösung durch Schutzeinrichtungen 95
10.4.3	Zuschaltung mit Hilfe von Synchronisierungseinrichtungen 97
10.4.4	Kuppelschalter 97
10.5	Weitere Anforderungen an Erzeugungsanlagen 98
10.5.1	Abfangen auf Eigenbedarf 98
10.5.2	Trennen der Erzeugungseinheiten vom Netz bei Instabilität 98
10.5.3	Fähigkeit zur Bereitstellung von Primärregelleistung 98
10.5.4	Fähigkeit zur Bereitstellung von Sekundärregelleistung und Minutenreserve 100
11	Nachweis der elektrischen Eigenschaften für Erzeugungsanlagen 101
11.1	Gesamter Nachweisprozess 101
11.2	Einheitenzertifikat 103
11.2.1	Allgemeines 103
11.2.2	Netzurückwirkungen 105
11.2.2.1	Schnelle Spannungsänderungen 105
11.2.2.2	Flicker 105
11.2.2.3	Oberschwingungen und Zwischenharmonische 105
11.2.2.4	Kommutierungseinbrüche 105
11.2.2.5	Unsymmetrien 105
11.2.3	Quasistationärer Betrieb und Pendelungen 106
11.2.3.1	Quasistationärer Betrieb 106
11.2.3.2	Polradpendelungen 106
11.2.3.3	Netzpendelungen 106
11.2.4	Statische Spannungshaltung/Blindleistungsbereitstellung 106
11.2.5	Dynamische Netzstützung 106
11.2.5.1	Dynamische Netzstützung für Typ-1-Erzeugungseinheiten 108
11.2.5.2	Verhalten nach Fehlerende für Typ-1-Erzeugungseinheiten 108
11.2.5.3	Dynamische Netzstützung für Typ-2-Erzeugungseinheiten 109
11.2.5.4	Wirkstromwiederkehr für Typ-2-Erzeugungseinheiten 109
11.2.6	Wirkleistungsabgabe und Netzsicherheitsmanagement 109
11.2.7	Wirkleistungseinspeisung in Abhängigkeit der Netzfrequenz 110

	Seite
11.2.7.1 Abfangen auf Eigenbedarfsbetrieb bzw. schnelle Resynchronisierung	113
11.2.7.2 Fähigkeit zur Bereitstellung von Primärregelleistung	113
11.2.8 Kurzschlussstrombeitrag der Erzeugungseinheit	114
11.2.9 Schutztechnik und Schutzeinstellungen	114
11.2.10 Zuschaltbedingungen und Synchronisierung	115
11.2.11 Trennen der Erzeugungseinheit vom Netz bei Instabilität	116
11.3 Komponentenzertifikat	116
11.3.1 Anforderung an EZA-Regler	116
11.3.2 Anforderungen an aktive statische Kompensationsanlagen	118
11.3.3 Anforderungen an Spannungsregler inkl. des Erregersystems einer Typ-1- Erzeugungseinheit	118
11.3.4 Anforderungen an Hilfsaggregate bei Typ-1-Erzeugungseinheiten	120
11.4 Anlagenzertifikat	120
11.4.1 Vom Anschlussnehmer zur Erstellung des Anlagenzertifikates bereitzustellenden Unterlagen	121
11.4.2 Einspeiseleistung	121
11.4.3 Bemessung der Betriebsmittel	122
11.4.4 Spannungsänderung am Netzanschlusspunkt	122
11.4.5 Erforderliche Netzkurzschlussleistung am Netzanschlusspunkt von Typ-1-Anlagen	122
11.4.6 Netzurückwirkungen	122
11.4.6.1 Allgemeines	122
11.4.6.2 Schnelle Spannungsänderungen	122
11.4.6.3 Flicker	123
11.4.6.4 Oberschwingungen und Zwischenharmonische	123
11.4.6.5 Kommutierungseinbrüche	124
11.4.6.6 Unsymmetrien	124
11.4.6.7 Tonfrequenz-Rundsteuerung	124
11.4.6.8 Trägerfrequente Nutzung des Kundennetzes	124
11.4.7 Quasistationärer Betrieb, Polrad-/Netzpendelungen	124
11.4.8 Nachweis der Inselbetrieb und der Teilnetzbetriebsfähigkeit	125
11.4.9 Nachweis der Schwarzstartfähigkeit	125
11.4.10 Statische Spannungshaltung/Blindleistungsbereitstellung	125
11.4.11 Dynamische Netzstützung	127
11.4.11.1 Dynamische Netzstützung für eine Erzeugungsanlage des Typ 1	127
11.4.11.2 Dynamische Netzstützung für eine Erzeugungsanlage des Typ 2	128
11.4.12 Wirkleistungsabgabe	129
11.4.13 Netzsicherheitsmanagement	129
11.4.14 Wirkleistungseinspeisung in Abhängigkeit der Netzfrequenz (Über- und Unterfrequenz)	129
11.4.15 Kurzschlussstrombeitrag der Erzeugungsanlage	129
11.4.16 Schutztechnik und Schutzeinstellungen	130

	Seite	
11.4.17	Zuschaltbedingungen und Synchronisierung.....	131
11.4.18	Abfangen auf Eigenbedarfsbetrieb bzw. schnelle Resynchronisierung.....	131
11.4.19	Anforderungen an Regelleistungsbereitstellung	132
11.4.20	Eigenbedarfs- und Hilfsenergieversorgung.....	132
11.4.21	Sprunghafte Spannungsänderungen	132
11.4.22	EZA-Modell und Genauigkeit	132
11.4.23	Nachtrag zum Anlagenzertifikat	132
11.5	Inbetriebsetzungsphase	132
11.5.1	Inbetriebsetzung der Übergabestation.....	132
11.5.2	Inbetriebsetzung der Erzeugungseinheiten, des EZA-Reglers und ggf. weiterer Komponenten.....	133
11.5.3	Inbetriebsetzung der gesamten Erzeugungsanlage und Inbetriebsetzungserklärung	133
11.5.4	Konformitätserklärung.....	135
11.5.5	Betriebsphase	136
11.6	Einzelnachweisverfahren	137
11.6.1	Allgemeines.....	137
11.6.2	Anlagenzertifikat C	137
11.6.3	Inbetriebsetzung einer Erzeugungsanlage	139
11.6.4	Erweiterte Konformitätserklärung.....	140
11.6.5	Betrieb der Erzeugungsanlage	141
12	Prototypen-Regelung	141
Anhang A (informativ)	Begriffe „Erzeugungseinheit“ und „Erzeugungsanlage“	143
Anhang B (informativ)	Erläuterungen	145
B.1	Drehstrom- und Drehspannungssystem	145
B.2	Erläuterungen zur sprunghaften Spannungsänderung.....	146
B.3	Kurzschlussverhalten von Erzeugungseinheiten (Typ 2-Anlagen)	146
B.4	„Fault-Ride-Through“-Kurven	148
B.5	Typischer Zyklus einer erfolglosen AWE im 110-kV-Netz	148
B.6	Ermittlung des k -Faktors am Netzanschlusspunkt.....	148
B.7	Formeln für die Beschreibung der dynamischen Netzstützung	149
B.8	Richtungsdefinition von P und Q	151
B.9	Netzurückwirkungen.....	152
B.9.1	Spannungsänderungen bei Erzeugungseinheiten.....	152
B.9.2	Flicker für Erzeugungsanlagen	152
B.9.3	Addition der Langzeitflickerstärken	152
B.9.4	Oberschwingungen und Zwischenharmonische	153
Anhang C (normativ)	Weitere Festlegungen	156
C.1	Toleranzbereich für den zusätzlichen Blindstrom	156
C.2	Prinzipielles Reglerverhalten.....	157

	Seite
C.3 Prozessdatenumfang.....	157
Anhang D (informativ) Beispiel für einen 110-kV-Stichanschluss	161
Anhang E (normativ) Vordrucke	162
E.1 Antragstellung.....	162
E.2 Datenblatt zur Beurteilung von Netzurückwirkungen	163
E.3 Netzanschlussplanung	165
E.4 Errichtungsplanung.....	166
E.5 Inbetriebsetzungsprotokoll für Übergabestationen.....	167
E.6 Datenblatt einer Erzeugungsanlage – Hochspannung.....	168
E.7 Netzbetreiber-Abfragebogen	173
E.8 Inbetriebsetzungsprotokoll für Erzeugungseinheiten	179
E.9 Inbetriebsetzungserklärung Erzeugungsanlage.....	181
E.10 Konformitätserklärung für Erzeugungsanlagen.....	185
E.11 Einheitenzertifikat	187
E.12 Komponentenzertifikat.....	188
E.13 Anlagenzertifikat.....	189
E.14 Betriebserlaubnisverfahren	190
Anhang F (normativ) Störschreiber am Netzanschlusspunkt.....	191
Anhang G (normativ) Störschreiber in der Kundenanlage.....	193
Literaturhinweise.....	194
Bilder	
Bild 1 – Anschlussprozess und dazugehörige Nachweise	36
Bild 2 – Zulässiger Bereich des Verschiebungsfaktors $\cos \varphi$ bei Wirkleistungsbezug der Kundenanlage (dargestellt im Verbraucherzählpeilsystem).....	43
Bild 3 – Anforderungen an den quasistationären Betrieb von Erzeugungsanlagen.....	59
Bild 4 – Varianten der Anforderungen an Erzeugungsanlagen an die Blindleistungsbereitstellung am Netzanschlusspunkt	63
Bild 5 – Varianten der PQ-Diagramme der Erzeugungsanlage am Netzanschlusspunkt im Verbraucherzählpeilsystem	64
Bild 6 – Beispiel für eine $Q(U)$ -Kennlinie	66
Bild 7 – Beispiel für eine $Q(P)$ -Kennlinie.....	68
Bild 8 – Beispiel der Erfüllung der $Q(U)$ -Kennlinien-Regelung an zu vereinbarem Ort bei Mischanlagen.....	70
Bild 9 – Fault-Ride-Through-Grenzkurve (FRT) für den Spannungsverlauf am Netzanschlusspunkt für eine Erzeugungsanlage vom Typ 1.....	72
Bild 10 – Fault-Ride-Through-Grenzkurve für den Spannungsverlauf am Netzanschlusspunkt für eine Erzeugungsanlage vom Typ 2.....	74
Bild 11 – Prinzip der Spannungsstützung bei Netzfehlern	76
Bild 12 – Anforderung an die Abgabeleistung der Erzeugungseinheiten im dynamischen Kurzzeitbereich.....	79
Bild 13 – Wirkleistungsanpassung regelbarer Anlagen bei Über- und Unterfrequenz.....	80

	Seite
Bild 14 – Prinzipskizze der Q-U-Schutzfunktion.....	89
Bild 15 – Schutzkonzept bei Anschluss von Erzeugungsanlagen im Stich.....	92
Bild 16 – Schutzkonzept bei Anschluss von Mischanlagen	94
Bild 17 – Beispiel für eine Prüfklemmenleiste	95
Bild 18 – Bildung des Freigabesignals am Netzanschlusspunkt.....	96
Bild 19 – Funktionsschema Wiedereinschaltung eines Kuppelschalters (der Erzeugungseinheiten)	96
Bild 20 – Leistungs-Frequenzkennlinie zur Bereitstellung von Primärregelleistung	99
Bild 21 – Zeitverhalten zur Bereitstellung von Primärregelleistung (bei voller Aktivierung).....	100
Bild 22 – Darstellung des Nachweisprozesses	102
Bild 23 – Veranschaulichung der Frequenzsprünge für Erzeugungseinheiten inkl. Windenergieanlagen	112
Bild 24 – Veranschaulichung der Frequenzsprünge für Speicher vom Typ 2.....	113
Bild A.1 – Erzeugungsanlage mit Netztransformator	143
Bild A.2 – Erzeugungsanlage ohne Netztransformator	144
Bild B.1a – Symmetrische Quellenspannung.....	145
Bild B.1b – Ersatzschaltbild für eine Erzeugungsanlage und/oder ein Drehstromnetz.....	145
Bild B.2 – Beispiel für eine sprunghafte Spannungsänderung.....	146
Bild B.3 – Darstellung von Erzeugungseinheiten mit Stromquellen in symmetrischen Komponenten	147
Bild B.4 – Darstellung einer Erzeugungseinheit mit Spannungsquelle in symmetrischen Komponenten.....	147
Bild B.5 – Beispiel eines Spannungsverlaufes während einer erfolglosen AWE im Hochspannungsnetz	148
Bild B.6 – Beispiel eines Windparks zur Ermittlung der k -Faktoren	149
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.	151
Bild B.8 – Scheinleistungskreis	151
Bild B.9 – Bewertungsschema für Flickerbetrachtung im Hochspannungsnetz.....	153
Bild C.1 – Toleranzbereich für Δi_B	156
Bild C.2 – Prinzipielles Reglerverhalten einer Erzeugungsanlage.....	157
Bild D.1 – Beispiel für einen 110-kV-Stichanschluss	161
Tabellen	
Tabelle 1 – Zeitplan zur Errichtung eines Netzanschlusses	30
Tabelle 2 – Zulässige Spannungsänderung Δu in Abhängigkeit von Häufung und Pausenzeit	39
Tabelle 3 – Minimal zulässige Flickerstärkepegel.....	40
Tabelle 4 – Auf die Netzkurzschlussleistung S_{KV} im 110-kV-Netz am Netzverknüpfungspunkt bezogene zulässige Oberschwingungsströme $i_{v,\mu \text{ zul}}$ in A/GVA.....	41
Tabelle 5 – Beispiele für Schutzfunktionen für einen Netztransformator	50
Tabelle 6 – Anforderungen an die Anschwing- und Einschwingzeiten bezüglich Wirkleistungseinspeisung bei Über- und Unterfrequenz.....	81
Tabelle 7 – Empfohlene Einstellwerte für den Schutz einer Erzeugungsanlage am Netzanschlusspunkt	90

	Seite
Tabelle 8 – Einstellwerte für den Schutz auf der Unterspannungsseite des Netztransformators	90
Tabelle 9 – Empfohlene Einstellwerte für den Schutz an der Erzeugungseinheit bei Anschluss der Erzeugungsanlage im Stich.....	91
Tabelle 10 – Parameter für die Fähigkeit zur Bereitstellung von Primärenergieleistung.....	99
Tabelle 11 – Parameter für die Fähigkeit zur Bereitstellung von Sekundärenergieleistung und Minutenreserve.....	101
Tabelle 12 – Prüfsequenz für Mehrfachfehler	107
Tabelle 13 – Vom Anschlussnehmer bereitzustellende Unterlagen zur Erarbeitung des Anlagenzertifikates	121
Tabelle B.1 – Grenzwerte für zulässige Oberschwingungsspannungen, erzeugt durch Bezugs- und Erzeugungsanlagen am Hochspannungsnetz	154
Tabelle B.2 – Vergleich der zulässigen Oberschwingungsströme aller Erzeugungsanlagen am Hochspannungsnetz.....	155
Tabelle C.1 – Prozessdatenumfang für Kundenanlagen bei einem Einfachstich-Anschluss.....	159
Tabelle C.2 – Zusätzliche Prozessdaten für Erzeugungs- und Mischanlagen.....	160