

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser VDE-Anwendungsregel ist 2019-03-01.

Bis 2019-09-07 darf das zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser VDE-Anwendungsregel gültige Regelwerk angewendet werden.

Es sind die Fristen des NC HVDC (Artikel 4, Abs. 2 und Artikel 86) zu beachten.

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	8
Einleitung	9
1 Anwendungsbereich.....	10
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe und Abkürzungen.....	11
3.1 Begriffe	11
3.2 Abkürzungen	18
4 Allgemeine Grundsätze (Inbetriebnahme).....	18
4.1 Bestimmungen und Vorschriften	18
4.2 Betriebserlaubnisverfahren für den Netzanschluss.....	19
4.2.1 Betriebserlaubnisverfahren für HGÜ-Systeme.....	19
4.2.2 Betriebserlaubnisverfahren für Erzeugungsanlagen.....	23
5 Netzanschluss	26
5.1 Grundsätze für die Ermittlung des Netzanschlusspunktes.....	26
5.2 Bemessung der Netzbetriebsmittel	26
6 Planung und Ausführung der Übergabe.....	27
6.1 Baulicher Teil.....	27
6.1.1 Allgemeines	27
6.1.2 Einzelheiten zur baulichen Ausführung.....	27
6.2 Elektrischer Teil	27
6.2.1 Allgemeines	27
6.2.2 Schaltanlagen.....	28
6.2.3 Sternpunktbehandlung	28
6.2.4 Erdungsanlage	28
6.3 Sekundärtechnik.....	28
6.3.1 Prozessdatenübertragung	28
6.3.2 Eigenbedarfs- und Hilfsenergieversorgung.....	28
6.3.3 Schutzeinrichtungen.....	29
6.3.4 Sprachkommunikation.....	29
7 Abrechnungsmessung.....	29
7.1 Allgemeines	29

	Seite	
7.2	Zählerplatz.....	30
7.3	Messeinrichtung.....	30
7.4	Spannungsebene der Abrechnungsmessung.....	30
8	Betrieb des HGÜ-Systems oder der Erzeugungsanlage.....	30
8.1	Allgemeines.....	30
8.2	Netzführung.....	30
8.3	Instandhaltung.....	31
8.4	Betrieb bei Störungen.....	31
9	Änderungen, Außerbetriebnahmen und Demontage.....	31
10	Anforderungen an HGÜ-Systeme und Erzeugungsanlagen.....	31
10.1	HGÜ-Systeme.....	31
10.1.1	Frequenzbereiche.....	31
10.1.2	Widerstandsfähigkeit gegenüber Frequenzgradienten.....	32
10.1.3	Regelbarkeit, Regelbereich und Regelgeschwindigkeit der Wirkleistung.....	32
10.1.4	Dynamisches Frequenz-Wirkleistungsverhalten.....	33
10.1.5	Anforderungen an die Wirkleistungsanpassung in Abhängigkeit von der Frequenz.....	34
10.1.6	Frequenzregelung.....	39
10.1.7	Maximaler Verlust an eingespeister Wirkleistung.....	40
10.1.8	Spannungsbereiche.....	40
10.1.9	Dynamische Spannungsregelung.....	40
10.1.10	Blindleistungsbereitstellung.....	43
10.1.11	Blindleistungsaustausch mit dem Netz.....	45
10.1.12	Blindleistungsregelungsmodus.....	46
10.1.13	Vorrang des Wirkleistungs- bzw. des Blindleistungsbeitrags.....	47
10.1.14	Spannungsqualität.....	47
10.1.15	FRT-Fähigkeit.....	48
10.1.16	Wiederkehr der Wirkleistungsabgabe nach einem Fehler.....	51
10.1.17	Schnelle Behebung von Fehlern in Gleichstromsystemen.....	51
10.1.18	Zuschaltung und Synchronisation sowie Abschaltung von HGÜ-Stromrichterstationen.....	51
10.1.19	Interaktionen zwischen HGÜ-Systemen oder mit anderen Anlagen und Betriebsmitteln.....	51
10.1.20	Fähigkeit zur Dämpfung von Leistungspendelungen.....	52
10.1.21	Fähigkeit zur Dämpfung subsynchroner Schwingungen.....	52
10.1.22	Netzmerkmale.....	53
10.1.23	Robustheit von HGÜ-Systemen.....	53
10.1.24	Elektrische Schutzsysteme und -einstellungen.....	54
10.1.25	Rangfolge von Schutz- und Regelungsvorrichtungen.....	54
10.1.26	Änderungen an den Schutz- und Regelungssystemen und -einstellungen.....	55
10.1.27	Schwarzstartfähigkeit.....	55
10.1.28	Fähigkeit zur Teilnahme am Inselbetrieb.....	56

	Seite
10.2 Erzeugungsanlagen.....	56
10.2.1 Frequenzbereiche.....	56
10.2.2 Widerstandsfähigkeit gegenüber Frequenzgradienten	56
10.2.3 Regelbarkeit, Regelbereich und Regelgeschwindigkeit der Wirkleistung.....	57
10.2.4 Dynamisches Frequenz-Wirkleistungsverhalten	57
10.2.5 Anforderungen an die Wirkleistungsanpassung in Abhängigkeit von der Frequenz	57
10.2.6 Spannungsbereiche	66
10.2.7 Dynamische Spannungsregelung	66
10.2.8 Blindleistungsbereitstellung.....	66
10.2.9 Blindleistungsregelung	69
10.2.10 Vorrang des Wirkleistungs- bzw. des Blindleistungsbeitrags.....	70
10.2.11 Spannungsqualität.....	70
10.2.12 FRT-Fähigkeit.....	71
10.2.13 Wiederkehr der Wirkleistungsabgabe nach einem Fehler	73
10.2.14 Zuschaltung und Synchronisation sowie Abschaltung von Erzeugungsanlagen.....	73
10.2.15 Interaktionen zwischen Erzeugungsanlagen oder mit anderen Anlagen und Betriebsmitteln.....	73
10.2.16 Netzmerkmale	73
10.2.17 Elektrische Schutzsysteme und -einstellungen.....	74
10.2.18 Rangfolge von Schutz- und Regelungsvorrichtungen.....	75
10.2.19 Änderungen an den Schutz- und Regelungssystemen und -einstellungen.....	75
10.2.20 Schwarzstartfähigkeit	75
10.2.21 Netzwiederaufbau.....	76
10.2.22 Fähigkeit zur Teilnahme am Inselbetrieb	76
10.2.23 Fähigkeit zur schnellen Neusynchronisierung.....	76
10.2.24 Gesonderte Anforderungen hinsichtlich des Netzsicherheitsmanagements	77
10.2.25 Regelsysteme und -einstellungen	77
10.2.26 Informationsaustausch	77
10.2.27 Verlust der Winkelstabilität	77
10.2.28 Messgeräte.....	77
10.2.29 Sternpunktbehandlung	78
10.2.30 Synchronisation.....	78
10.3 Ergänzende Anforderungen an erzeugungsseitige HGÜ-Stromrichterstationen	78
10.3.1 Anwendungsbereich.....	78
10.3.2 Anforderungen hinsichtlich der Frequenzhaltung.....	78
10.3.3 Anforderungen hinsichtlich Blindleistung und Spannung.....	79
10.3.4 FRT-Fähigkeit.....	80
10.3.5 Netzmerkmale	80
10.4 Informationsaustausch und Koordination bei HGÜ-Systemen.....	80
10.4.1 Betrieb von HGÜ-Systemen	80

	Seite
10.4.2 Senden von Signalen an den relevanten Netzbetreiber	80
10.4.3 Empfang von Signalen des relevanten Netzbetreibers.....	81
10.4.4 Parameter und Einstellungen.....	81
10.4.5 Fehleraufzeichnung und -überwachung.....	82
10.4.6 Simulationsmodelle	84
11 Nachweis der elektrischen Eigenschaften	88
11.1 Allgemeine Bestimmungen für Konformitätstests	88
11.2 Allgemeine Bestimmungen für Konformitätssimulationen	88
11.3 Zuständigkeit der Anschlussnehmer	89
11.4 Aufgaben des relevanten Netzbetreibers.....	89
11.5 Konformitätstests bei HGÜ-Systemen	90
11.5.1 Allgemeines.....	90
11.5.2 Test der Blindleistungsbereitstellung	90
11.5.3 Test des Spannungsregelungsmodus	90
11.5.4 Test des Blindleistungsregelungsmodus	91
11.5.5 Test des Modus der Leistungsfaktorregelung.....	91
11.5.6 Test der FSM-Reaktion	91
11.5.7 Test der LFSM-O-Reaktion	92
11.5.8 Test der LFSM-U-Reaktion	92
11.5.9 Test der Regelbarkeit der Wirkleistung.....	92
11.5.10 Test zur Änderung der Rampengeschwindigkeit	93
11.5.11 Test der Schwarzstartfähigkeit.....	93
11.5.12 Messung der Oberschwingungsemissionen	93
11.5.13 Test der Systemautomatiken	93
11.6 Konformitätstests bei Erzeugungsanlagen	94
11.6.1 Allgemeines.....	94
11.6.2 Test der Blindleistungsbereitstellung	94
11.6.3 Test des Spannungsregelungsmodus	94
11.6.4 Test des Blindleistungsregelungsmodus	94
11.6.5 Test des Modus der Leistungsfaktorregelung.....	95
11.6.6 LFSM-O-Reaktion	95
11.6.7 LFSM-U-Reaktion	96
11.6.8 Regelbarkeit der Wirkleistungsabgabe	96
11.6.9 FSM-Reaktion	96
11.6.10 Schnelle Signalreaktion.....	97
11.6.11 Messung der Oberschwingungsemissionen	97
11.7 Konformitätssimulation bei HGÜ-Systemen.....	97
11.8 Konformitätssimulationen bei Erzeugungsanlagen.....	97

	Seite
Anhang A (normativ) HGÜ-Systeme.....	99
A.1 Daten- und Unteraustausch.....	99
A.2 Dynamik und Systemautomatiken.....	101
A.3 Stationäre Oberschwingungen und Oberschwingungsstabilität.....	109
A.4 Schutzauslegung.....	112
Anhang B (normativ) Erzeugungsanlagen.....	114
B.1 Daten- und Unteraustausch.....	114
B.2 Untersuchung stationärer Zustände.....	118
B.3 Dynamik und Systemautomatiken.....	123
B.4 Stationäre Oberschwingungen und Oberschwingungsstabilität.....	129
B.5 Schutzauslegung.....	131
B.6 Modellbildung und Modellvalidierung.....	133
Anhang C (normativ) Weitere Festlegungen: Prinzipielles Reglerverhalten.....	142
Literaturhinweise.....	143
 Bilder	
Bild 1 – Ablaufplan des Betriebserlaubnisverfahrens für HGÜ-Systeme mit einer beispielhaften Zeitplanung.....	20
Bild 2 – Ablaufplan des Betriebserlaubnisverfahrens für Erzeugungsanlagen mit einer beispielhaften Zeitplanung.....	24
Bild 3 – Anforderung an ein HGÜ-System zur frequenzabhängigen Anpassung der Wirkleistung im FSM ...	35
Bild 4 – Fähigkeit eines HGÜ-Systems zur frequenzabhängigen Anpassung der Wirkleistung.....	36
Bild 5 – Fähigkeit zur frequenzabhängigen Anpassung der mit dem Netz ausgetauschten Wirkleistung von HGÜ-Systemen im LFSM-O-Modus.....	38
Bild 6 – Fähigkeit von HGÜ-Systemen zur frequenzabhängigen Anpassung der Wirkleistung im LFSM-U-Modus.....	39
Bild 7 – Varianten der Blindleistungsbereitstellung durch ein HGÜ-System.....	45
Bild 8 – Grenzkurve für relative Spannungserhöhungen.....	49
Bild 9 – Fault-Ride-Through-Grenzkurve für den Spannungsverlauf am Netzanschlusspunkt.....	50
Bild 10 – Fähigkeit der Erzeugungsanlage zur frequenzabhängigen Anpassung ihrer Wirkleistungsabgabe im FSM.....	59
Bild 11 – Fähigkeit zur frequenzabhängigen Anpassung der Wirkleistungsabgabe der Erzeugungsanlage.....	60
Bild 12 – Fähigkeit von Erzeugungsanlagen zur frequenzabhängigen Anpassung der Wirkleistungsabgabe im LFSM-O-Modus.....	62
Bild 13– Fähigkeit von Erzeugungsanlagen zur frequenzabhängigen Anpassung der Wirkleistung im LFSM-U-Modus.....	64
Bild 14– Grundanforderungen und äußerer Rahmen als Zusatzanforderung für die Festlegung eines $U-Q/P_{AV}$ -Profil.....	68
Bild 15 – Fault-Ride-Through(FRT)-Grenzkurve für den Spannungsverlauf am Netzanschlusspunkt.....	72
Bild A.1 – Prinzipielle Struktur der Testumgebung.....	108
Bild C.1 – Prinzipielles Reglerverhalten.....	142

Tabellen

Tabelle 1 – Mindestzeiträume für den Betrieb einer HGÜ-Stromrichterstation in Abhängigkeit der Frequenzbereiche	32
Tabelle 2 – Parameter für die frequenzabhängige Wirkleistungsanpassung im FSM	35
Tabelle 3 – Parameter für die vollständige Aktivierung der frequenzabhängigen Anpassung der Wirkleistung bei einem Frequenzsprung	36
Tabelle 4 – Parameter für die beschränkt frequenzabhängigen Modi LFSM-O bzw. LFSM-U.....	38
Tabelle 5 – Mindestzeiträume für den Betrieb einer HGÜ-Stromrichterstation in Abhängigkeit von der Netznennspannung	40
Tabelle 6 – Mindestzeiträume für den Betrieb einer Erzeugungsanlage in Abhängigkeit der Frequenzbereiche	56
Tabelle 7 – Parameter für die frequenzabhängige Wirkleistungsanpassung im FSM	59
Tabelle 8 – Parameter für die vollständige Aktivierung der frequenzabhängigen Anpassung der Wirkleistungsabgabe aufgrund eines Frequenzsprungs.....	60
Tabelle 9 – Parameter für die beschränkt frequenzabhängigen Modi LFSM-O bzw. LFSM-U.....	62
Tabelle 10 – Anforderung an die Anschwing- und Einschwingzeiten bezüglich Wirkleistungseinspeisung bei Überfrequenz.....	63
Tabelle 11 – Anforderung an die Anschwing- und Einschwingzeiten bezüglich Wirkleistungseinspeisung bei Unterfrequenz.....	65
Tabelle 12 – Mindestzeiträume für den Betrieb von Erzeugungsanlagen in Abhängigkeit von der Netznennspannung	66
Tabelle 13 – Überlagerungsexponenten für Oberschwingungen nach IEC/TR 61000-3-6	71
Tabelle 14 – Mindestzeiträume für den Betrieb von erzeugungsseitigen HGÜ-Stromrichterstation in Abhängigkeit von der Netznennspannung	79
Tabelle A.1 – Daten- und Unterlagenaustausch zwischen Anschlussnehmer und relevantem Netzbetreiber nach Projektphase.....	99
Tabelle B.1 – Daten- und Unterlagenaustausch zwischen Anschlussnehmer und relevantem Netzbetreiber nach Projektphase.....	115