

Anwendungsbereich

Anwendungsbereich dieser VDE-Anwendungsregel ist ...

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	7
Einleitung	8
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe und Abkürzungen	11
3.1 Begriffe	11
3.2 Abkürzungen	16
4 Allgemeine Grundsätze (Inbetriebnahme).....	17
4.1 Bestimmungen und Vorschriften	17
4.2 Betriebserlaubnisverfahren für den Netzanschluss.....	18
4.2.1 Betriebserlaubnisverfahren für HGÜ-Systeme.....	18
4.2.2 Betriebserlaubnisverfahren für Erzeugungsanlagen	21
5 Netzanschluss	25
5.1 Grundsätze für die Ermittlung des Netzanschlusspunktes.....	25
5.2 Bemessung der Netzbetriebsmittel	26
6 Planung und Ausführung der Übergabe.....	26
6.1 Baulicher Teil.....	26
6.1.1 Allgemeines	26
6.1.2 Einzelheiten zur baulichen Ausführung	26
6.2 Elektrischer Teil	26
6.2.1 Allgemeines	26
6.2.2 Schaltanlagen.....	27
6.2.3 Sternpunktbehandlung	27
6.2.4 Erdungsanlage	27
6.3 Sekundärtechnik.....	27
6.3.1 Prozessdatenübertragung	27
6.3.2 Eigenbedarfs- und Hilfsenergieversorgung.....	27
6.3.3 Schutzeinrichtungen	28
6.3.4 Sprachkommunikation.....	28
7 Abrechnungsmessung.....	28
7.1 Allgemeines	28
7.2 Zählerplatz	29
7.3 Messeinrichtung	29
7.4 Spannungsebene der Abrechnungsmessung	29
8 Betrieb des HGÜ-Systems oder der Erzeugungsanlage.....	29
8.1 Allgemeines	29
8.2 Netzführung	30
8.3 Instandhaltung	30
8.4 Betrieb bei Störungen.....	30
9 Änderungen, Außerbetriebnahmen und Demontage	30

	Seite
10 Anforderungen an HGÜ-Systeme und Erzeugungsanlagen	31
10.1 HGÜ-Systeme	31
10.1.1 Frequenzbereiche	31
10.1.2 Widerstandsfähigkeit gegenüber Frequenzgradienten	31
10.1.3 Regelbarkeit, Regelbereich und Regelgeschwindigkeit der Wirkleistung	31
10.1.4 Synthetische Schwungmasse	32
10.1.5 Anforderungen an die Wirkleistungsanpassung in Abhängigkeit von der Frequenz	32
10.1.6 Frequenzregelung	37
10.1.7 Maximaler Verlust an eingespeister Wirkleistung	38
10.1.8 Spannungsbereiche	38
10.1.9 Dynamische Spannungsstützung	38
10.1.10 Blindleistungsbereitstellung	41
10.1.11 Blindleistungsaustausch mit dem Netz	42
10.1.12 Blindleistungsregelungsmodus	42
10.1.13 Vorrang des Wirkleistungs- bzw. des Blindleistungsbeitrags	44
10.1.14 Spannungsqualität	44
10.1.15 FRT-Fähigkeit	45
10.1.16 Wiederkehr der Wirkleistungsabgabe nach einem Fehler	46
10.1.17 Schnelle Behebung von Fehlern in Gleichstromsystemen	47
10.1.18 Zuschaltung und Synchronisation sowie Abschaltung von HGÜ-Stromrichterstationen	47
10.1.19 Interaktionen zwischen HGÜ-Systemen oder mit anderen Anlagen und Betriebsmitteln	47
10.1.20 Fähigkeit zur Dämpfung von Leistungspendelungen	48
10.1.21 Fähigkeit zur Dämpfung subsynchroner Schwingungen	48
10.1.22 Netzmerkmale	49
10.1.23 Robustheit von HGÜ-Systemen	49
10.1.24 Elektrische Schutzsysteme und -einstellungen	50
10.1.25 Rangfolge von Schutz- und Regelungsvorrichtungen	50
10.1.26 Änderungen an den Schutz- und Regelungssystemen und -einstellungen	51
10.1.27 Schwarzstartfähigkeit	51
10.2 Erzeugungsanlagen	51
10.2.1 Frequenzbereiche	51
10.2.2 Widerstandsfähigkeit gegenüber Frequenzgradienten	52
10.2.3 Regelbarkeit, Regelbereich und Regelgeschwindigkeit der Wirkleistung	52
10.2.4 Synthetische Schwungmasse	52
10.2.5 Anforderungen an die Wirkleistungsanpassung in Abhängigkeit von der Frequenz	53
10.2.6 Spannungsbereiche	60
10.2.7 Dynamische Spannungsstützung	61
10.2.8 Blindleistungsbereitstellung	61
10.2.9 Blindleistungsregelung	64
10.2.10 Vorrang des Wirkleistungs- bzw. des Blindleistungsbeitrags	65
10.2.11 Spannungsqualität	65
10.2.12 FRT-Fähigkeit	66
10.2.13 Wiederkehr der Wirkleistungsabgabe nach einem Fehler (NC HVDC Artikel 26)	68
10.2.14 Zuschaltung und Synchronisation sowie Abschaltung von Erzeugungsanlagen	68

	Seite
10.2.15	Interaktionen zwischen Erzeugungsanlagen oder mit anderen Anlagen und Betriebsmitteln..... 68
10.2.16	Netzmerkmale 68
10.2.17	Elektrische Schutzsysteme und -einstellungen..... 69
10.2.18	Rangfolge von Schutz- und Regelungsvorrichtungen..... 70
10.2.19	Änderungen an den Schutz- und Regelungssystemen und -einstellungen 70
10.2.20	Schwarzstartfähigkeit 70
10.2.21	Netzwiederaufbau..... 71
10.2.22	Fähigkeit zur Teilnahme am Inselbetrieb 71
10.2.23	Fähigkeit zur schnellen Neusynchronisierung..... 71
10.2.24	Gesonderte Anforderungen hinsichtlich des Netzsicherheitsmanagements 72
10.2.25	Regelsysteme und -einstellungen 72
10.2.26	Informationsaustausch 72
10.2.27	Verlust der Winkelstabilität 72
10.2.28	Messinstrumente 72
10.2.29	Sternpunktbehandlung 73
10.2.30	Synchronisation 73
10.3	Ergänzende Anforderungen an erzeugungsseitige HGÜ-Stromrichterstationen 73
10.3.1	Anwendungsbereich..... 73
10.3.2	Anforderungen hinsichtlich der Frequenzhaltung..... 73
10.3.3	Anforderungen hinsichtlich Blindleistung und Spannung..... 74
10.3.4	FRT-Fähigkeit..... 75
10.3.5	Netzmerkmale 75
10.4	Informationsaustausch und Koordination bei HGÜ-Systemen..... 75
10.4.1	Betrieb von HGÜ-Systemen 75
10.4.2	Senden von Signalen an den Netzbetreiber 75
10.4.3	Empfang von Signalen des Netzbetreibers..... 76
10.4.4	Parameter und Einstellungen 76
10.4.5	Fehleraufzeichnung und -überwachung..... 77
10.4.6	Simulationsmodelle 79
11	Nachweis der elektrischen Eigenschaften..... 82
11.1	Allgemeine Bestimmungen für Konformitätstests 82
11.2	Allgemeine Bestimmungen für Konformitätssimulationen..... 83
11.3	Zuständigkeit der Anschlussnehmer 83
11.4	Aufgaben des relevanten Netzbetreibers 84
11.5	Konformitätstests bei HGÜ-Systemen..... 84
11.5.1	Allgemeines 84
11.5.2	Test der Blindleistungskapazität..... 84
11.5.3	Test des Spannungsregelungsmodus..... 85
11.5.4	Test des Blindleistungsregelungsmodus..... 85
11.5.5	Test des Modus der Leistungsfaktorregelung 86
11.5.6	Test der FSM-Reaktion 86
11.5.7	Test der LFSM-O-Reaktion 86
11.5.8	Test der LFSM-U-Reaktion 87
11.5.9	Test der Regelbarkeit der Wirkleistung 87

	Seite
11.5.10 Test zur Änderung der Rampengeschwindigkeit	87
11.5.11 Test der Schwarzstartfähigkeit.....	87
11.5.12 Messung der Oberschwingungsemissionen	88
11.6 Konformitätstests bei Erzeugungsanlagen	88
11.6.1 Allgemeines.....	88
11.6.2 Test der Blindleistungsbereitstellung	88
11.6.3 Test des Spannungsregelungsmodus	89
11.6.4 Test des Blindleistungsregelungsmodus	89
11.6.5 Test des Modus der Leistungsfaktorregelung.....	89
11.6.6 LFSM-O-Reaktion	90
11.6.7 LFSM-U-Reaktion	90
11.6.8 Regelbarkeit der Wirkleistungsabgabe	90
11.6.9 FSM-Reaktion	90
11.6.10 Schnelle Signalreaktion.....	91
11.6.11 Messung der Oberschwingungsemissionen	91
11.7 Konformitätssimulation bei HGÜ-Systemen.....	91
11.8 Konformitätssimulationen bei Erzeugungsanlagen.....	92
Anhang A (normativ) HGÜ-Systeme	93
A.1 Daten- und Unterlagenaustausch	93
A.2 Konformitätssimulationen.....	95
A.3 Stationäre Oberschwingungen und Oberschwingungsstabilität	103
A.4 Schutzauslegung.....	105
Anhang B (normativ) Erzeugungsanlagen	107
B.1 Daten- und Unterlagenaustausch	107
B.2 Untersuchung stationärer Zustände.....	111
B.3 Dynamik und Systemautomatiken.....	116
B.4 Stationäre Oberschwingungen und Oberschwingungsstabilität	122
B.5 Schutzauslegung.....	124
B.6 Modellbildung und Modellvalidierung.....	126
Anhang C (normativ) Weitere Festlegungen	135
Literaturhinweise	136
Bilder	
Bild 1 – Ablaufplan des Betriebserlaubnisverfahrens für HGÜ-Systeme mit einer beispielhaften Zeitplanung.....	19
Bild 2 – Ablaufplan des Betriebserlaubnisverfahrens für Erzeugungsanlagen mit einer beispielhaften Zeitplanung.....	23
Bild 3 – Anforderung an ein HGÜ-System zur frequenzabhängigen Anpassung der Wirkleistung im FSM....	33
Bild 4 – Fähigkeit eines HGÜ-Systems zur frequenzabhängigen Anpassung der Wirkleistung.....	34
Bild 5 – Fähigkeit zur frequenzabhängigen Anpassung der mit dem Netz ausgetauschten Wirkleistung von HGÜ-Systemen im LFSM-O-Modus.....	36
Bild 6 – Fähigkeit von HGÜ-Systemen zur frequenzabhängigen Anpassung der Wirkleistung im LFSM-U-Modus.....	37
Bild 7 – Zusammenhang virtuelle Impedanz und Strombeitrag des HGÜ-Systems	40
Bild 8 – Varianten der Blindleistungsbereitstellung durch ein HGÜ-System.....	42
Bild 9 – Zulässiges Überspannungsprofil (HVRT-Fähigkeit).....	46

	Seite
Bild 10 – Low-Voltage-Ride-Through(LVRT)-Grenzkurve für den Spannungsverlauf am Netzanschlusspunkt	46
Bild 11 – Fähigkeit der Erzeugungsanlage zur frequenzabhängigen Anpassung ihrer Wirkleistungsabgabe im FSM.....	54
Bild 12 – Fähigkeit zur frequenzabhängigen Anpassung der Wirkleistungsabgabe der Erzeugungsanlage.....	55
Bild 13 – Fähigkeit von Erzeugungsanlagen zur frequenzabhängigen Anpassung der Wirkleistungsabgabe im LFSM-O-Modus.....	57
Bild 14 – Fähigkeit von Erzeugungsanlagen zur frequenzabhängigen Anpassung der Wirkleistung im LFSM-U-Modus	59
Bild 15 – Grundanforderungen und äußerer Rahmen als Zusatzanforderung für die Festlegung eines $U-Q/P_{AV}$ -Profil	63
Bild 16 – Fault-Ride-Through(FRT)-Grenzkurve für den Spannungsverlauf am Netzanschlusspunkt	67
Bild C.1 – Prinzipielles Reglerverhalten.....	135
Tabellen	
Tabelle 1 – Mindestzeiträume für den Betrieb einer HGÜ-Stromrichterstation in Abhängigkeit der Frequenzbereiche.....	31
Tabelle 2 – Parameter für die frequenzabhängige Wirkleistungsanpassung im FSM	33
Tabelle 3 – Parameter für die vollständige Aktivierung der frequenzabhängigen Anpassung der Wirkleistung bei einem Frequenzsprung	34
Tabelle 4 – Parameter für die beschränkt frequenzabhängigen Modi LFSM-O bzw. LFSM-U	36
Tabelle 5 – Mindestzeiträume für den Betrieb einer HGÜ-Stromrichterstation in Abhängigkeit von der Netznennspannung	38
Tabelle 6 – Mindestzeiträume für den Betrieb einer Erzeugungsanlage in Abhängigkeit der Frequenzbereiche.....	51
Tabelle 7 – Parameter für die frequenzabhängige Wirkleistungsanpassung im FSM	54
Tabelle 8 – Parameter für die vollständige Aktivierung der frequenzabhängigen Anpassung der Wirkleistungsabgabe aufgrund eines Frequenzsprungs	55
Tabelle 9 – Parameter für die beschränkt frequenzabhängigen Modi LFSM-O bzw. LFSM-U	57
Tabelle 10 – Anforderung an die Anschwing- und Einschwingzeiten bezüglich Wirkleistungseinspeisung bei Überfrequenz	58
Tabelle 11 – Anforderung an die Anschwing- und Einschwingzeiten bezüglich Wirkleistungseinspeisung bei Unterfrequenz	60
Tabelle 12 – Mindestzeiträume für den Betrieb von Erzeugungsanlagen in Abhängigkeit von der Netznennspannung	61
Tabelle 13 – Überlagerungsexponenten für Oberschwingungen nach IEC/TR 61000-3-6.....	66
Tabelle 14 – Zulässige Überspannungen.....	67
Tabelle 15 – Mindestzeiträume für den Betrieb von erzeugungsseitigen HGÜ-Stromrichterstation in Abhängigkeit von der Netznennspannung	74
Tabelle A.1 – Daten- und Unterlagenaustausch zwischen Anschlussnehmer und Netzbetreiber nach Projektphase.....	93
Tabelle B.1 – Daten- und Unterlagenaustausch zwischen Anschlussnehmer und Netzbetreiber nach Projektphase.....	108