

	DIN EN 61975 (VDE 0553-975)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE
ICS 31.080.20 Ersatz für DIN EN 61975 (VDE 0553-975):2011-04 Siehe Anwendungsbeginn Anlagen zur Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) – Systemprüfungen (IEC 61975:2010 + A1:2016); Deutsche Fassung EN 61975:2010 + A1:2017 High-voltage direct current (HVDC) installations – System tests (IEC 61975:2010 + A1:2016); German version EN 61975:2010 + A1:2017 Installations en courant continu à haute tension (CCHT) – Essais systèmes (IEC 61975:2010 + A1:2016); Version allemande EN 61975:2010 + A1:2017 Gesamtumfang 87 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE		

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2010-09-01 angenommene Europäische Norm und die am 2016-10-17 angenommene Änderung A1 als DIN-Norm ist 2017-11-01.

Für **DIN EN 61975 (VDE 0553-975):2011-04** besteht eine Übergangsfrist bis 2020-02-10.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 61975/A1 (VDE 0553-975/A1):2014-10.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 331 „Leistungselektronik“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom SC 22F „Power electronics for electrical transmission and distribution systems“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem Datum (stability date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu dieser Publikation angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Die Änderung A1 wurde in den Text eingearbeitet und durch einen senkrechten Strich am linken Seitenrand gekennzeichnet.

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 61975 (VDE 0553-975):2011-04** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) redaktionelle Anpassungen;
- b) Ergänzung und Überarbeitung der Begriffe;
- c) **Abschnitt 4** komplett überarbeitet mit Beschreibung der „Ziele der Systemüberprüfungen“;
- d) im Abschnitt „Prüfung der Stromrichterstation“ wurden die Umweltspezifikationen, die Prüfungen der Stromrichtergruppe, Betrieb der Blindleistung, Leerlaufprüfung angepasst;
- e) die Bedingungen für die Prüfungen der Übertragungsprüfung wurden redaktionell überarbeitet und festgelegt und vorgegeben;
- f) **Abschnitt 2** wurde an den aktuellen Standardtext angepasst.

Frühere Ausgaben

DIN EN 61975 (VDE 0553-975): 2011-04

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Dokumenten

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden Deutschen Dokumenten ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60633:1999 + A1:2009 + A2:2015	IEC 60633:1998 + A1:2009 + A2:2015	DIN EN 60633:2016-06	–
EN 60700-1:1998 + A1:2003 + A2:2008 <i>ersetzt durch:</i> EN 60700-1:2015	IEC 60700-1:2008 <i>ersetzt durch:</i> IEC 60700-1:2015	DIN EN 60700-1 (VDE 0553-1):2009-07 <i>ersetzt durch:</i> DIN EN 60700-1 (VDE 0553-1):2016-07	VDE 0553-1 VDE 0553-1
CLC/TR 60919-1	IEC/TR 60919-1	–	–
CLC/TR 60919-2:2010	IEC/TR 60919-2:2008	–	–
–	IEC/TR 60919-3	–	–
EN 61000-4-3	IEC 61000-4-3	DIN EN 61000-4-3 (VDE 0847-4-3)	VDE 0847-4-3
EN 61803	IEC 61803	DIN EN 61803	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60633:2016-06, *Terminologie für Hochspannungsgleichstrom-Übertragung (HGÜ)* (IEC 60633:1998 + A1:2009 + A2:2015); Deutsche Fassung EN 60633:1999 + A1:2009 + A2:2015

DIN EN 60700-1 (VDE 0553-1):2016-07, *Thyristorventile für Hochspannungsgleichstrom-Energieübertragung (HGÜ) – Teil 1: Elektrische Prüfung* (IEC 60700-1:2015); Deutsche Fassung EN 60700-1:2015

DIN EN 61000-4-3 (VDE 0847-4-3), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-3: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen hochfrequente elektromagnetische Felder*

DIN EN 61803, *Bestimmung der Leistungsverluste in Hochspannungsgleichstrom (HGÜ)-Stromrichterstationen mit netzgeführten Stromrichtern*

**Anlagen zur Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) –
Systemprüfungen**
(IEC 61975:2010 + A1:2016)

High-voltage direct current (HVDC) installations –
System tests
(IEC 61975:2010 + A1:2016)

Installations en courant continu à haute tension
(CCHT) –
Essais systèmes
(IEC 61975:2010 + A1:2016)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2010-09-01 und die A1 am 2016-10-17 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC Management Centre oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2017 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 61975:2010 + A1:2017 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 22F/221/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 61975, ausgearbeitet von dem SC 22F „Power electronics for electrical transmission and distribution systems“ des IEC/TC 22 „Power electronic systems and equipment“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2010-09-01 als EN 61975 angenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN und CENELEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2011-06-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2013-09-01

Der [Anhang ZA](#) wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61975:2010 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

IEC/TR 60919-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als CLC/TR 60919-1.
IEC 61000-4-3	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61000-4-3 .
IEC 61803	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61803.

Europäisches Vorwort zu A1

Der Text des Dokuments 22F/375/CDV, zukünftige IEC 61975:2010/A1, erarbeitet vom SC 22F „Power electronics for electrical transmission and distribution systems“ des IEC/TC 22 „Power electronic systems and equipment“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN 61975:2010/A1:2017 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2017-08-10
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2020-02-10

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC [und/oder CEN] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61975:2010/A1:2016 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

Seite

Vorwort.....	2
Europäisches Vorwort zu A1	3
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
3.1 Begriffe zur Einteilung von Prüfungen.....	7
3.2 Begriffe für den Betriebszustand	8
4 Ziele der Systemprüfungen	9
4.1 Kategorien der Systemprüfungen.....	9
4.2 Aufbau des HGÜ-Systems	10
4.3 Aufbau des Regel- und Schutzsystems	11
4.4 Folgerichtiger Ablauf der Systemprüfung	12
4.5 Gliederung der Systemprüfung	13
4.6 Vorbedingungen für die Prüfung am Einsatzort	13
4.7 Abnahmeprüfungen	14
5 Prüfung der Stromrichterstation	16
5.1 Allgemeines	16
5.2 Prüfung der Stromrichtergruppe	17
5.3 Betrieb von reaktiven Bauteilen.....	18
5.4 Umstellung der Konfiguration des Gleichstromsystems.....	19
5.5 Elektromagnetische Verträglichkeit	20
5.6 Auslöseprüfung.....	21
5.7 Leerlaufprüfung	23
5.8 Prüfung im Kreisbetrieb	25
5.9 Kurzschlussprüfung	26
6 Übertragungsprüfungen.....	27
6.1 Übertragungsprüfungen mit geringer Leistung.....	27
6.2 Umschaltung zur Bedienung	35
6.3 Umstellungen der Gleichstromkonfiguration	42
6.4 Schalten der Betriebsmittel des Hauptstromkreises	45
6.5 Dynamisches Betriebsverhalten	49
6.6 Kurzschlussversuche in Wechselstrom- und Gleichstromsystemen.....	59
6.7 Ausfall von Telekommunikations-, Hilfs- oder redundanten Betriebsmitteln	63
6.8 Hochleistungs-Übertragungsprüfungen.....	66
6.9 Abschließende Abnahmeprüfungen	71
7 Probebetrieb	77

7.1	Allgemeines	77
7.2	Zweck der Prüfung	78
7.3	Vorbedingungen für die Prüfung	78
7.4	Prüfverfahren.....	78
7.5	Abnahmekriterien für die Prüfung	78
8	Systemprüfplan und Dokumentation	79
8.1	Allgemeines.....	79
8.2	Dokumentation der Anlage und Bedienungshandbücher	79
8.3	Berichte über Systemuntersuchungen und technische Spezifikationen	79
8.4	Kontroll- und Prüfplan	79
8.5	Systemprüfprogramm.....	80
8.6	Prüfverfahren für jede Prüfung.....	80
8.7	Dokumentation der Systemprüfergebnisse	81
	Literaturhinweise	82
	Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	83
Bilder		
	Bild 1 – Beziehung zwischen den fünf Hauptaspekten der Systemprüfung.....	10
	Bild 2 – Aufbau des HGÜ-Systems	11
	Bild 3 – Aufbau des HGÜ-Regel- und -Schutzsystems	12
	Bild 4 – Gliederung der Systemprüfung	15
	Bild 5 – Ablauf von Übertragungsprüfungen mit Niederspannung	29
	Bild 6 – Prüfung der Sprungantwort der Stromregelung am Gleichrichter	52
	Bild 7 – Prüfung der Sprungantwort der Löschwinkelregelung am Wechselrichter	52
	Bild 8 – Prüfung der Sprungantwort der Gleichspannungsregelung am Wechselrichter	53
	Bild 9 – Prüfung der Sprungantwort der Stromregelung am Wechselrichter	53
	Bild 10 – Prüfung der Sprungantwort der Leistungsregelung am Gleichrichter	54

Einleitung

Diese Norm ist in acht Abschnitte gegliedert:

[Abschnitt 1](#) – Anwendungsbereich

[Abschnitt 2](#) – Normative Verweisungen

[Abschnitt 3](#) – Begriffe

[Abschnitt 4](#) – Ziele der Systemprüfungen

In diesem Abschnitt werden der Zweck dieses Dokumentes, der Aufbau des HGÜ-Systems, der Aufbau des Regel- und Schutzsystems, die folgerichtigen Schritte der Inbetriebnahme, die Gliederung der Systemprüfung und die Gliederung der Norm zur Inbetriebnahme des Systems beschrieben.

[Abschnitt 5](#) – Prüfung der Stromrichterstation

Diese Prüfung betrifft die Inbetriebnahme der Stromrichtergruppen und den Nachweis des stationären Betriebsverhaltens der Gruppen sowie die Schaltprüfungen.

[Abschnitt 6](#) – Übertragungsbetriebprüfungen

Diese Prüfung betrifft die Inbetriebnahme des Übertragungssystems und den Nachweis der Stationsabstimmung, des stationären und des dynamischen Betriebsverhaltens, von Störungen sowie der Wechselwirkung zwischen Gleichstrom- und Wechselstromsystem.

[Abschnitt 7](#) – Probebetrieb

Nach dem Abschluss der Systemprüfung ist im Normalfall für den Nachweis der normalen Übertragung ein Probebetrieb vorgegeben.

[Abschnitt 8](#) – Systemprüfplan und Dokumentation

Die [Abschnitte 5 bis 7](#) umfassen einzelne Hauptabschnitte wie Einleitung, Ziele, Vorbedingungen und Verfahren sowie Abnahmekriterien für den allgemeinen Teil sowie eine genaue Beschreibung der einzelnen Prüfungen.

1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Norm gilt für Systemprüfungen für Anlagen zur Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ), die aus einem Sende-Anschlusspunkt und einem Empfangs-Anschlusspunkt bestehen, die jeweils an ein Wechselstromsystem angeschlossen sind.

Die in der vorliegenden Norm festgelegten Prüfungen beruhen auf bidirektionalen monopolaren und bipolaren HGÜ-Anlagen, die aus einem Sende-Anschlusspunkt und einem Empfangs-Anschlusspunkt bestehen, die jeweils an ein Wechselstromsystem angeschlossen sind. Die Prüfanforderungen und Abnahmekriterien für Kurzkupplungen sollten vereinbart werden, während Mehrpunktsysteme und Wechselrichter mit Spannungszwischenkreis in dieser Norm nicht behandelt werden. Für HGÜ-Monopolanlagen gilt die Norm mit Ausnahme der bipolaren Prüfungen.

Für Sonderfunktionen oder für ein besonderes Betriebsverhalten, die/das für spezielle Projekte gefordert werden/wird, sollten nach den Anforderungen der technischen Spezifikation zusätzliche Prüf Aspekte hinzugefügt werden, die in der vorliegenden Norm nicht enthalten sind.

Diese Norm dient nur als Leitfaden für Systemprüfungen für HGÜ-Anlagen. Sie gibt möglichen Anwendern eine Anleitung für die Planung der Maßnahmen zur Inbetriebnahme. Die im Leitfaden beschriebenen Prüfungen sind mitunter nicht für alle Projekte anwendbar, sie geben aber einen Bereich möglicher Prüfungen an, die in Betracht gezogen werden sollten.

Deshalb sollten Projektierungsstellen nach Möglichkeit ein eigenes Prüfprogramm auf der Grundlage dieses Leitfadens aufstellen und im Voraus die Verantwortungsbereiche für verschiedene Aufgaben/Prüfungen zwischen den beteiligten Organisationen (z. B. Anwender, Lieferant, Hersteller, Betreiber, Käufer usw.) für jedes spezielle Projekt zuweisen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60633:1998, *Terminology for high-voltage direct current (HVDC) power transmission*

IEC/TR 60919-2:2008, *Performance of high-voltage direct current (HVDC) systems with line commutated converters – Part 2: Faults and switching*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60633 und die folgenden Begriffe.

3.1 Begriffe zur Einteilung von Prüfungen

3.1.1

Stromrichterstationsprüfung

Systemprüfung der Stromrichterstation, bei der die Funktion der einzelnen Betriebsmittel der Stromrichterstation unter Spannung nachgewiesen wird

3.1.2

Systemprüfung

Prüfung, mit der die Funktionen und das Betriebsverhalten des HGÜ-Systems als Ganzes sowie die Wechselwirkung mit angrenzenden Wechselstromsystemen überprüft werden

3.1.3

Übertragungsprüfungen

Prüfung, mit der die Funktionen und das Betriebsverhalten des HGÜ-Systems bei der Übertragung von Energie zwischen beiden Anschlusspunkten überprüft werden

ANMERKUNG Diese Prüfung wird auch als „Verbindungsprüfung“ bezeichnet.

3.1.4

Prüfungen am Einsatzort

Prüfungen, bestehend aus der Stromrichterstationsprüfung und der Übertragungsbetriebsprüfung, die nach der endgültigen Errichtung durchgeführt werden

3.2 Begriffe für den Betriebszustand

ANMERKUNG Im HGÜ-System gibt es fünf definierte Zustände: geerdet, freigeschaltet, Bereitschaft, blockiert, deblockiert.

3.2.1

geerdet

Zustand, in dem der Pol oder der Stromrichter auf der Wechselstrom- und der Gleichstromseite potentialgetrennt und geerdet und keine Einschaltung des Pols oder des Stromrichter-Betriebsmittels möglich ist

ANMERKUNG Dieser geerdete Zustand bietet die notwendige Sicherheit zur Durchführung von Wartungsarbeiten und ist der einzige Zustand, in dem die Wartung des Pols oder des Stromrichters möglich ist. In diesem Zustand sind Wartungsarbeiten an den Stromrichter-Transformatoren, an Betriebsmitteln am potentialgetrennten und geerdeten Teil der Hochspannungs-Wechselstromschiene, an Gleichspannungs-Betriebsmitteln und Betriebsmitteln, die in der Ventilhalle aufgestellt sind, dieses Pols oder Stromrichters möglich.

3.2.2

freigeschalten/potentialgetrennt

Zustand, in dem der Pol oder der Stromrichter von der Wechselstrom- und der Gleichstromseite getrennt ist, aber alle Erdungsschalter offen sind

ANMERKUNG In diesem Zustand kann die Gleichstrom-Schaltanlage zur Energieübertragung vorbereitet werden (Anschluss von Erdelektrodenleitung, Pol und Gleichstromleitung).

3.2.3

Bereitschaft

Zustand, der anzuwenden ist, wenn das Hochspannungsgleichstromsystem nicht zur Energieübertragung benutzt wird, jedoch dafür bereit ist

ANMERKUNG In diesem Zustand ist der Stromrichter-Transformator bereit zum Einschalten; der Stufenschalter wird selbsttätig in die Anlaufstellung gebracht, wodurch sichergestellt ist, dass der Transformator mit der kleinsten Spannung eingeschaltet wird, um den Einschaltstromstoß so gering wie möglich zu halten. Der Trennschalter des Wechselstromschaltfeldes sollte geschlossen sein, aber die Leistungsschalter im Einspeisungsschaltfeld des Stromrichter-Transformators sollten geöffnet sein. In diesem Zustand kann die Gleichstromkonfiguration noch verändert werden (Anschluss von Erdelektrodenleitung, Pol und Gleichstromleitung). Der Zustand der Bereitschaft wird auch als „Einschaltbereitschaft“ bezeichnet.

3.2.4

blockiert

Zustand, in dem der Pol bereit ist, jederzeit Energie zu übertragen.

ANMERKUNG Der Stromrichter-Transformator wird durch das Schließen des entsprechenden Leistungsschalters an die unter Spannung stehende Wechselstromschiene angeschlossen. Das Ventilkühlsystem ist in Betrieb und die Leitfähigkeit, der Durchfluss und die Temperatur des Kühlwassers liegen innerhalb festgelegter Grenzwerte. Es muss eine definierte Gleichstromkonfiguration hergestellt worden sein. In diesem Zustand sind keine weiteren Änderungen mehr möglich. Nach der Einschaltung des Stromrichter-Transformators wird eine Vorprüfung der Thyristorventile durchgeführt. Diese Vorprüfung wird als bestanden angesehen, wenn in keinem Ventilzweig die Redundanz verloren gegangen ist. Die wählbaren Zustände, in die vom blockierten Zustand aus gewechselt werden kann, sind der freigeschaltene Zustand, der Bereitschaftszustand und der deblockierte Zustand. Der blockierte Zustand wird auch als „Betriebsbereit“ bezeichnet.

3.2.5

deblockiert

freigegeben

Zustand, der die folgenden zwei Betriebsarten darstellt: Energieübertragung und Leerlaufprüfung

ANMERKUNG Energieübertragung ist die normale Betriebsart. Im deblockierten Zustand überträgt der Pol in der normalen Betriebsart Energie, wenn beide Anschlusspunkte deblockiert sind und eine Spannungsdifferenz zwischen ihnen besteht. Es sollte eine Mindestanzahl von Drehstromfiltern zur Verfügung stehen.

3.2.6

Prüfungen außerhalb des Einsatzorts

Prüfungen, die vor den Prüfungen am Einsatzort durchgeführt werden

BEISPIEL Stückprüfungen und Typprüfungen werden im Werk des Lieferanten durchgeführt.

4 Ziele der Systemprüfungen

4.1 Kategorien der Systemprüfungen

Die Systemprüfung vervollständigt die Inbetriebnahme eines HGÜ-Systems.

Der Lieferant kann die Eignung der errichteten Betriebsmittel der Station und die Vollständigkeit der Funktionen des Systems nachweisen. Darüber hinaus können Einstellungen und Optimierungen vorgenommen werden.

Für den Anwender wird nachgewiesen, dass die vertraglichen Anforderungen und Bestimmungen erfüllt werden und dass eine Übereinstimmung mit den Untersuchungen und vorausgegangenen Prüfungen außerhalb des Einsatzorts besteht.

Für den Anwender kennzeichnet der Abschluss der Systemüberprüfung den Beginn des wirtschaftlichen Einsatzes des HGÜ-Systems.

Für die Anpassung des HGÜ-Systems an die angeschlossenen Wechselstromsysteme gibt es mehrere Randbedingungen, die eine Abstimmung mit der Betriebsführung der Betreiber der Wechselstromsysteme erfordern. Systemprüfungen weisen der Öffentlichkeit nach, dass zulässige Werte von Erscheinungen, die das öffentliche Interesse betreffen, nicht überschritten werden.

Es gibt fünf Hauptaspekte, die den Systemprüfungen unterzogen werden:

- a) Betriebsmittel der HGÜ-Station und Gleichstromleitung/-kabel/-schiene einschließlich Erdelektrode, soweit vorhanden;
- b) HGÜ-Regel- und -Schutzeinrichtungen und deren Einstellwerte;
- c) Umweltbetrachtungen;
- d) Wechselwirkung zwischen Wechselstrom- und Gleichstromsystem;
- e) Betriebsverhalten des Systems beim gemeinsamen Betrieb mit dem angeschlossenen Wechselstromsystem.

Die Wechselwirkung zwischen diesen Aspekten ist im [Bild 1](#) dargestellt.

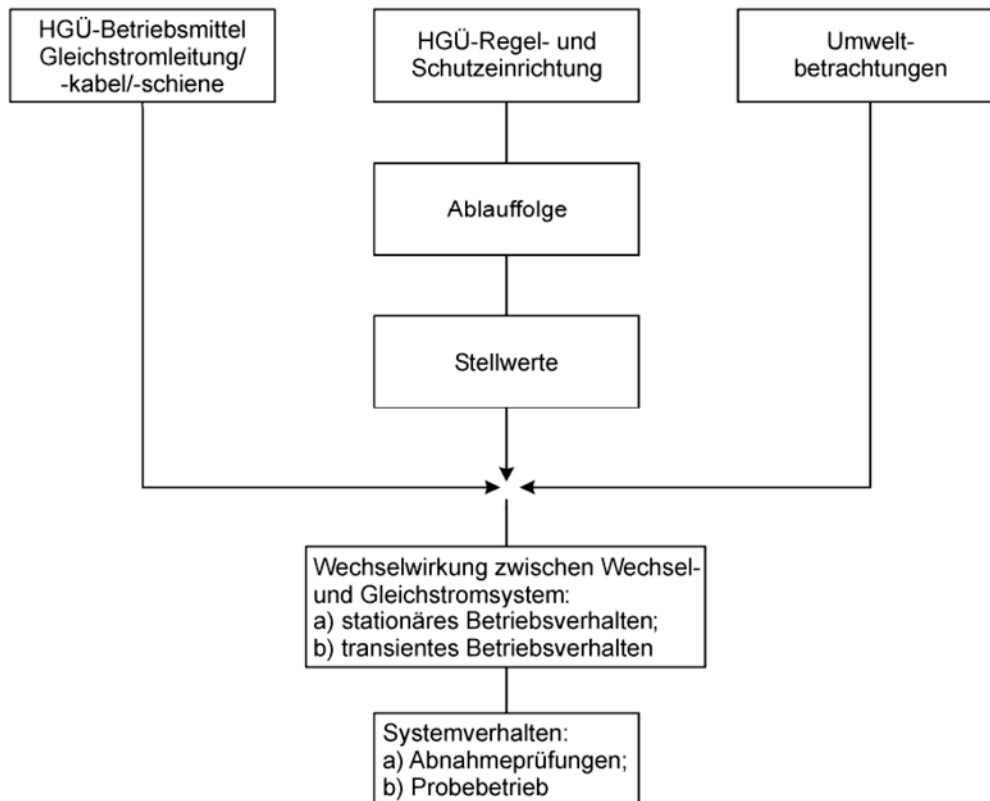


Bild 1 – Beziehung zwischen den fünf Hauptaspekten der Systemprüfung

Die umfassende und vollständige Systemprüfung der angegebenen Komponenten kann mit den in der Norm beschriebenen Prüfungen durchgeführt werden.

Abnahmeprüfungen sind die Annahmebedingungen für einen erfolgreichen Abschluss der Arbeiten und die Grundlage für die Endabnahme des HGÜ-Systems durch seine Nutzer. Abnahmeprüfungen müssen zwischen Lieferant und Anwender im Voraus festgelegt werden und dürfen zu einem geeigneten Zeitpunkt im Prüfplan durchgeführt werden.

Systemprüfungen können mehr Beteiligte betreffen als die jeweiligen Vertragspartner. Diese Beteiligten müssen rechtzeitig informiert werden.

Die Komplexität und die von der Systemprüfung betroffenen verschiedenartigen Bereiche erfordern eine umfassende Vorbereitung und Planung des zeitlichen Ablaufes, die Zusammenarbeit aller beteiligten Partner sowie eine vollständige und übersichtliche Dokumentation.

ANMERKUNG Die vorgeschlagenen „Prüfverfahren“ sind Empfehlungen, und es dürfen alternative Prüfverfahren angewendet werden, die der Vereinbarung zwischen Lieferant und Abnehmer unterliegen.

4.2 Aufbau des HGÜ-Systems

Vom Standpunkt der Funktion aus betrachtet besteht ein HGÜ-System aus einem Sende-Anschlusspunkt und einem Empfangs-Anschlusspunkt, die jeweils an ein Wechselstromsystem angeschlossen sind. An diese beiden Anschlusspunkte sind auf der Gleichstromseite in Reihe und auf der Wechselstromseite parallel ein oder mehrere Stromrichtergruppen angeschlossen. Die Anschlusspunkte sind mit einer Übertragungsleitung, einem Kabel oder einem kurzen Stück einer Sammelschiene (Kurzkupplung) verbunden. Zwei angeschlossene Anschlusspunkte bilden ein HGÜ-System. Sofern der Aufbau nur einen Pol besitzt, ist dies ein monopolares HGÜ-System. Besteht der Aufbau aus zwei Polen entgegengesetzter Polarität bezogen auf Erde, wird dies als zweipoliges HGÜ-System bezeichnet. Mehrpunktsysteme werden in der vorliegenden Norm nicht behandelt.

Der Aufbau des HGÜ-Systems ist in Bild 2 dargestellt.

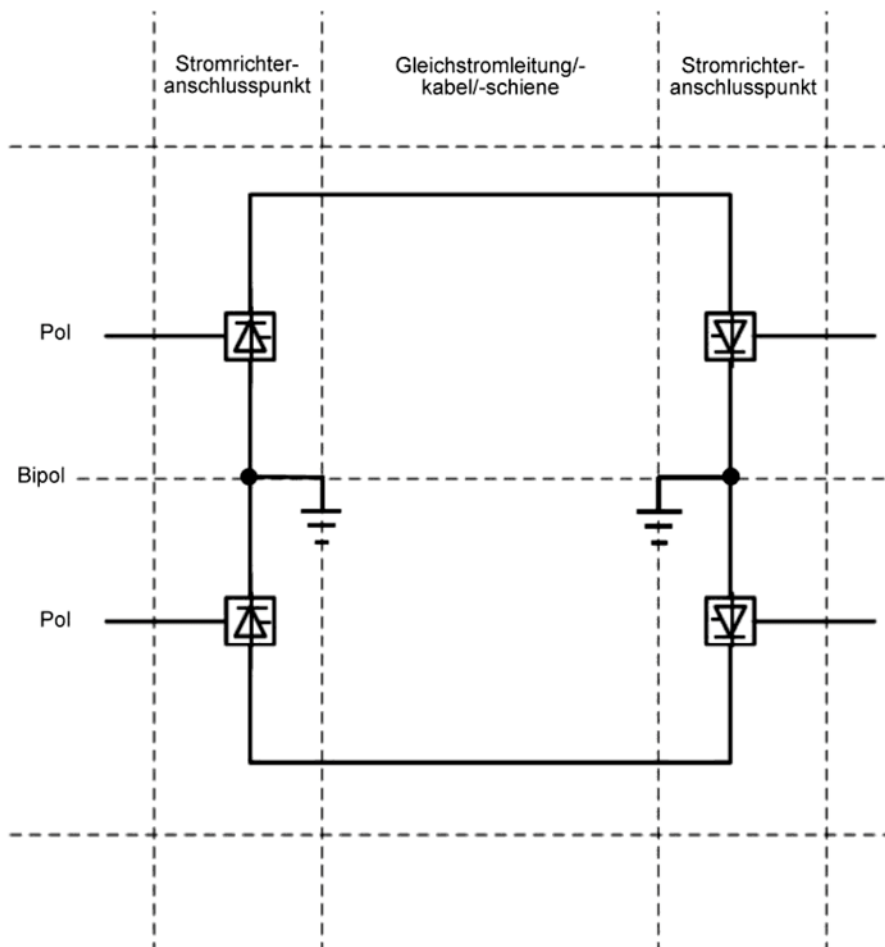


Bild 2 – Aufbau des HGÜ-Systems

4.3 Aufbau des Regel- und Schutzsystems

Jede der Stromrichtergruppen kann einzeln gesteuert werden. Um die Systemfunktion als Energieübertragungssystem zu erfüllen, sollten die Stromrichtergruppen koordiniert von einem übergeordneten Regelsystem aus gesteuert werden. Koordinierte Regel- und Schutzeinrichtungen sind maßgeblich für die einwandfreie Funktion des HGÜ-Systems.

Der Aufbau des HGÜ-Regel- und -Schutzsystems ist in [Bild 3](#) dargestellt.

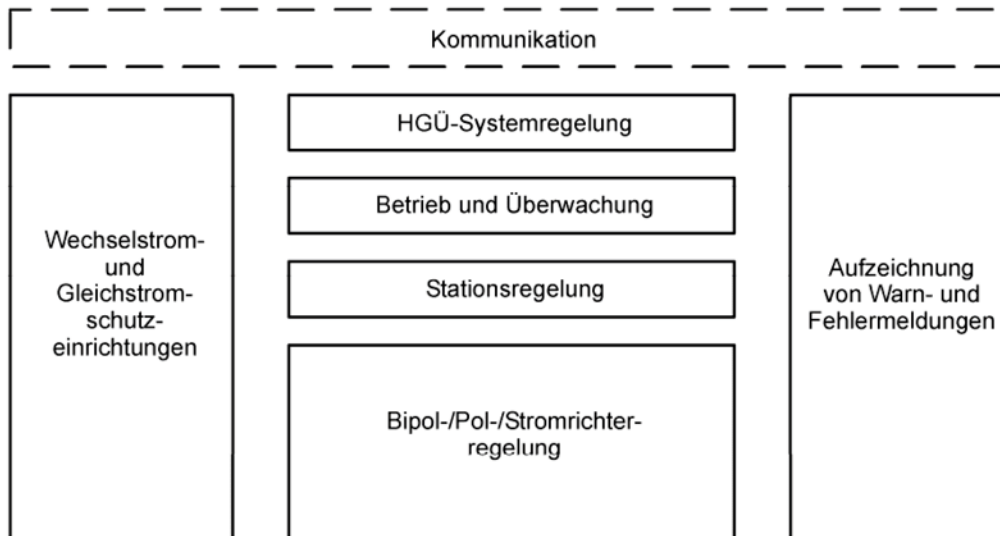


Bild 3 – Aufbau des HGÜ-Regel- und -Schutzsystems

4.4 Folgerichtiger Ablauf der Systemprüfung

Um die einwandfreie Funktion sicherzustellen, müssen die Typprüfung und die Prüfung des funktionellen Betriebsverhaltens im Werk durchgeführt werden, damit vor der Prüfung am Einsatzort mögliche Fehler im Leitechniksystems beseitigt werden und dieses überprüft wird.

Zur Bereitstellung von Netzdaten und zur Unterstützung der Erarbeitung des Systemprüfplanes muss vor und während der Simulationsprüfung die unabhängige digitale Simulation durchgeführt werden, vor allem eine Analyse der Lastflüsse, der Stabilität und der Überspannungen.

Unter Berücksichtigung der Komplexität des HGÜ-Systems können auf dem Echtzeitsimulator sämtliche Grenzlastfälle auf ähnliche Weise simuliert werden, wie sie am Einsatzort vorliegen.

Die Inbetriebnahme eines HGÜ-Systems kann mehr Beteiligte betreffen als die jeweiligen Vertragspartner. Die Komplexität und die von der Systemüberprüfung betroffenen verschiedenartigen Bereiche erfordern eine umfassende Vorbereitung und Planung des zeitlichen Ablaufes, die Zusammenarbeit aller beteiligten Partner sowie eine vollständige und übersichtliche Dokumentation. Bevor die Systemprüfung am Einsatzort beginnen kann, müssen die nachfolgend angegebenen Vorbedingungen in Bezug auf die Prüfungen der Teilsysteme, das Training des Bedienpersonals und die Sicherheitsanweisungen, den Systemprüfplan und die Systemprüfverfahren und alle erforderlichen Prüfeinrichtungen erfüllt sein.

- Alle Teilsysteme müssen geprüft und in Betrieb genommen worden sein einschließlich von Drehstromfiltern und Stromrichter-Transformatoren.
- Das Betriebspersonal muss ausreichend geschult sein.
- Für die Station müssen Betriebsanweisungen zur Verfügung stehen.
- Es müssen Anweisungen für die Personen- und Anlagensicherheit vorliegen.
- Der Systemprüfplan und die Dokumentation ([Abschnitt 8](#)) müssen vereinbart worden sein und vorliegen.
- Für jede Prüfung müssen Wechselstrom/Gleichstrom-Leistungsprofile vereinbart worden sein.
- Sämtliche Einschränkungen für den Betrieb des Wechselstrom-/Gleichstromsystems müssen bestimmt worden sein.
- Es muss eine Sprachkommunikation zwischen den Bedienpersonen möglich sein.
- Sämtliche erforderlichen Prüfeinrichtungen müssen kalibriert und in Betrieb sein.
- Verfahren zur Aufbereitung und Bewertung der Prüfergebnisse müssen vereinbart worden sein.

Systemprüfungen am Einsatzort müssen sich nach dem Aufbau des HGÜ-Systems richten und bei der kleinsten und am wenigsten komplexen Betriebseinheit beginnen, die gewöhnlich ein 12-Puls-Stromrichter

ist, und mit dem betriebsbereiten Gesamtsystem enden. Die Prüffolge muss so geplant werden, dass sie auf der Vor-Ort Ebene mit einfachen Prüfungen beginnt, bevor weitere Steuerstellen und das Übertragungssystem einbezogen werden und komplexere Prüfungen durchgeführt werden.

Wenn alle Vorbedingungen erfüllt sind, erfolgen die Stationsprüfungen, die mit einer Prüfung der Stromrichtergruppe einschließlich der Zuschaltung von Drehstromfiltern und Gleichstrom-Schaltanlage beginnen, gefolgt von der Prüfung der Konfigurationsänderungen des Gleichstromsystems, der elektromagnetischen Beeinflussung, der Auslöseprüfung, der Leerlaufprüfung usw.

Eine Energieübertragungsprüfung (auch Verbindungsprüfung) muss mit einem Monopol beginnen und bis zum Bipolbetrieb mit voller Leistung als abschließenden Schritt fortgeführt werden.

Wenn das Gesamtsystem ordnungsgemäß arbeitet, kann das stationäre Betriebsverhalten überprüft werden. Mit Rampenstellwerten für den Normalbetrieb und mit selbsttätigen Schaltfolgen können die Auswirkung einer Anzahl von Störungen auf der Gleichstromseite des Systems sowie im Wechselstromsystem geprüft und die Wiederherstellung nach transienten Vorgängen oder Fehlzuständen nachgewiesen werden.

Abnahmeprüfungen müssen zwischen Lieferant und Anwender im Voraus festgelegt und können im Prüfplan zu einem geeigneten Zeitpunkt durchgeführt werden.

Der ordnungsgemäße Betrieb des HGÜ-Systems über einen längeren Zeitraum wird während des Probetriebes überprüft.

Die Prüfdokumentation muss zur Unterstützung von Lieferant und Anwender eine vollständige und übersichtliche Dokumentation der Systemprüfungen und alle erforderlichen Datensätze, Protokolle usw. und gegebenenfalls Kommentare und Verweisungen enthalten.

Nach dem Abschluss aller genannten HGÜ-Systemprüfungen sind sämtliche Funktionen überprüft worden und das HGÜ-System kann dem Betreiber übergeben werden.

4.5 Gliederung der Systemprüfung

Die gesamte Gliederung der Systemprüfung ist in [Bild 4](#) dargestellt.

4.6 Vorbedingungen für die Prüfung am Einsatzort

4.6.1 Systemprüfungen im Werk

Dieser Abschnitt beschreibt die Prüfungen außerhalb des Einsatzorts sowie die Teilinbetriebnahme der HGÜ-Leittechnikeneinrichtungen im Werk einschließlich einer Echtzeit-Simulationsprüfung.

Im Anschluss an die Stückprüfung der Regel- und Schutzeinrichtungen des HGÜ-Systems wird in der üblichen Praxis die Funktion der HGÜ-Regel- und -Schutzeinrichtungen in einer Systemprüfung im Werk (Factory System Test, FST) durchgeführt, bevor der Versand zum Einsatzort erfolgt.

Die Systemprüfung im Werk bietet die Möglichkeit der Einstellung der Parameter des Regelsystems und des Erzielens eines Nachweises für das Betriebsverhalten der Einrichtung in Bezug auf die festgelegten Anforderungen.

Außerdem kann das Betriebsverhalten der Schutzfunktionen des Stromrichters bei verschiedenen simulierten Fehlzuständen überprüft werden. Damit kann eine teilweise Inbetriebnahme der Betriebsmittel außerhalb des Einsatzortes erfolgen. Ferner bietet sich die Möglichkeit der Feststellung und Korrektur von Hardware- und Softwarefehlern oder -mängeln in den Regel- und Schutzsystemen.

Die Systemprüfung im Werk darf einen Echtzeitsimulator und/oder Softwaremodelle benutzen. Zur Analyse von Kurzschlussleistung, Überspannungen und Leistungsfluss kann eine Offline-Simulationssoftware benutzt werden, während für die vollständige Prüfung des funktionellen Betriebsverhaltens des Regelsystems der Echtzeitsimulator verwendet werden kann.

Bei der Systemprüfung im Werk ist das gesamte Regel- und Schutzsystem zu prüfen. Störschreiber und Meldungsfolgeschreiber dürfen, wenn sie „eigenständige Betriebsmittel“ sind, weggelassen werden. Wenn diese Aufzeichnungsgeräte nicht Bestandteil der Systemprüfung im Werk sind, müsste die Gültigkeit der Ausgangssignale zu diesen Betriebsmitteln während der Prüfungen überprüft werden.

Die Ermittlung und Korrektur von Hardware- und Softwarefehlern im Regelsystem ist eine wichtige Aufgabe der Prüfung außerhalb des Einsatzortes. Solche Fehler sind außerhalb des Einsatzortes eher zu ermitteln und zu korrigieren als bei der Inbetriebnahme. Die Korrektur solcher Fehler verringert die Wahrscheinlichkeit von Störungen des Energiesystems des Kunden während der Systemprüfung am Einsatzort.

4.6.2 Zusätzliche Simulationsprüfung

Wenn sich die Zustände des Wechselstromnetzes in der Phase der Inbetriebnahme von denen in der Phase der Projektierung der HGÜ unterscheiden, muss zusätzlich eine Simulationsprüfung durchgeführt werden, wenn dies vom Betreiber festgelegt ist.

Die zusätzlichen Simulationen bieten die Möglichkeiten:

- a) der Einstellung der Parameter der Regelsysteme und der Durchführung einer Vorprüfung des Betriebsverhaltens der Einrichtung in Bezug auf die festgelegten Anforderungen;
- b) der Prüfung des Betriebsverhaltens der Schutzfunktionen des Stromrichters bei verschiedenen simulierten Fehlzuständen;
- c) der Feststellung und Korrektur von Hardware- und Softwarefehlern im Regelsystemen, die außerhalb des Einsatzortes einfacher zu ermitteln und zu korrigieren sind als bei der Inbetriebnahme, und der Verringerung der Wahrscheinlichkeit von Störungen des Energiesystems des Kunden während der Systemprüfung am Einsatzort.

4.7 Abnahmeprüfungen

Die Abnahmeprüfungen, die nachweisen sollen, ob die Abnahmekriterien erfüllt worden sind, können alle oder teilweise in der Phase der Inbetriebnahme durchgeführt werden. Um eine unnötige Wiederholung solcher Prüfungen zu vermeiden, muss vorher genau abgewogen werden, wann Abnahmeprüfungen durchgeführt werden sollen. Wenn noch Abnahmeprüfungen offen sind oder aufgrund von Änderungen wiederholt werden müssen, müssen diese bei der Übertragungsprüfung oder während des Probetriebes durchgeführt werden, falls zutreffend.

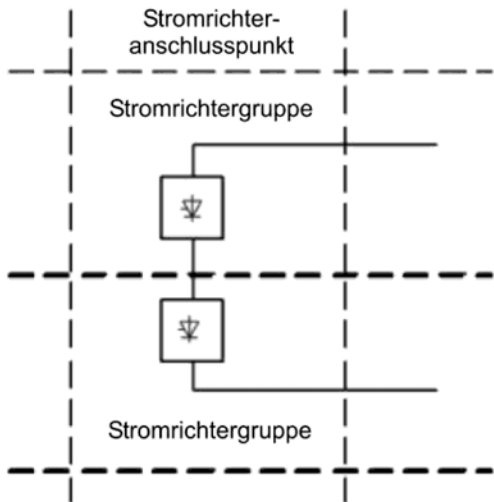
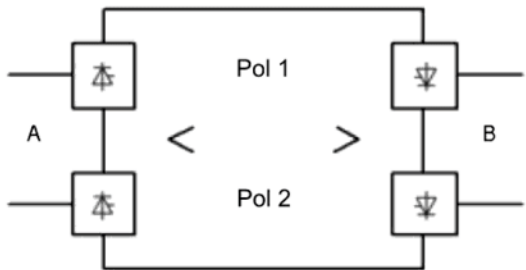
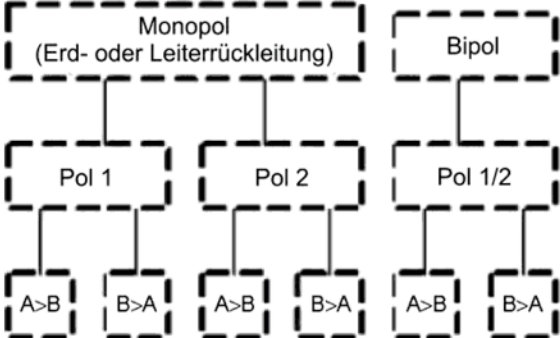
Prüfungen	Aufbau
Prüfung der Stromrichterstation 1) Prüfung der Stromrichtergruppe 2) Einschaltung der reaktiven Komponenten – Drehstromfilter – Kondensatorbatterien – Drosselspulen 3) Umstellung der Konfiguration des Gleichstromsystems 4) Elektromagnetische Verträglichkeit 5) Auslöseprüfung 6) Leerlaufprüfung 7) <i>Prüfung im Kreisbetrieb</i> 8) <i>Kurzschlussprüfung</i> ANMERKUNG Die Prüfungen in Kursivschrift sind besondere Lastprüfungen nach 5.1.2.5.	
Prüfung der Energieübertragung 1) Grundbetrieb – Einschalt- und Ausschaltfolgen und stationärer Betrieb – Schutzblockierungs- und -auslösefolgen – Lineare Änderung von Leistung und Strom 2) Umschaltung des Bedienmodus – Bedienort – Regelverfahren – Blindleistungsregelung – Betriebsspannung – selbsttätige Regelung der Gleichstromleistung 3) Umstellungen der Gleichstromkonfiguration 4) Umschalten der Primärbetriebsmittel – Transformatoren und Stufenschalter – Drehstromfilter und Geräte zur Blindleistungskompensation – Gleichstromfilter 5) Dynamisches Betriebsverhalten 6) Kurzschlussversuche im Wechselstrom- und Gleichstromsystem 7) Ausfall der Telekommunikations-, Hilfs- oder redundanten Betriebsmittel 8) Stationäres Betriebsverhalten und Störungen – Messung der Systemparameter – Blindleistungsregelung und Betriebsverhalten – Überlast/Erwärmung – Oberwellenverhalten und Bemessung der Filterbauteile – Geräusche – Belastungsprüfungen – Prüfung auf elektromagnetische Störungen – Prüfung der Erdelektrode	 Konfiguration 
Probetrieb	

Bild 4 – Gliederung der Systemprüfung

5 Prüfung der Stromrichterstation

5.1 Allgemeines

5.1.1 Umweltspezifikationen

Dieser Abschnitt beschreibt die Prüfung jeder Stromrichterstation als Gruppe und die Überprüfung der HGÜ-Leitung vor der Energieübertragung. Diese Gruppe von Prüfungen wird vor der Verbindungsprüfung durchgeführt.

In das Prüfprogramm sollte gegebenenfalls die Übereinstimmung mit den Umweltspezifikationen einbezogen werden. Geräusche, Funkstörungen und TFH-Störpegel dürfen vorläufig untersucht werden, und die Erwärmung der wichtigsten Betriebsmittel kann wie in [Abschnitt 6](#) beschrieben überwacht werden. Die tatsächliche Messung der genannten Größen sollte jedoch im Verbindungsbetrieb erfolgen.

5.1.2 Allgemeiner Zweck

5.1.2.1 Allgemeines

Die Prüfung der Stromrichterstation dient dem Nachweis des ordnungsgemäßen Betriebs einer einzelnen Stromrichterstation und der einwandfreien Isolierung sämtlicher Betriebsmittel des Hauptstromkreises vor dem Beginn der Energieübertragungsprüfungen.

Die Prüfungen der Stromrichterstation können eingeteilt werden in Auslöseprüfungen, eine Betriebsprüfung mit Niederspannung, eine Betriebsprüfung mit Hochspannung, eine Leerlaufprüfung und Lastprüfungen.

5.1.2.2 Betrieb mit Niederspannung/Nachweis der Phasenlage

Zum Nachweis der Phasenlage der Hauptstromkreisverbindungen des Stromrichters und der Stromrichter-Zündregelung kann vor dem Betrieb mit Hochspannung eine Betriebsprüfung mit Niederspannung durchgeführt werden. Diese Prüfung dient dem Nachweis der elektrischen Phasenlage zwischen Hauptstromkreis und Regelsystem.

5.1.2.3 Betrieb mit Hochspannung

Der Betrieb mit Hochspannung dient dem Nachweis dafür, dass in den Betriebsmitteln des Haupt-Wechselstrom- und des Haupt-Gleichstromkreises eine einwandfreie Spannungsfestigkeit erzielt wird.

5.1.2.4 Leerlaufprüfung

Mit den Leerlaufprüfungen der Gleichstrom-Schaltanlage und des Gleichstrom-Übertragungsstromkreises wird nachgewiesen, dass die ordnungsgemäße Isolationsfestigkeit erreicht worden ist und dass Stromrichter-Zündregelung und Fußpunktelektronik einwandfrei arbeiten.

5.1.2.5 Besondere Lastprüfung

Die Lastprüfung (Prüfung im Kreisbetrieb oder Kurzschlussprüfung) darf durchgeführt werden, wenn es vom Betreiber festgelegt worden ist, um eine vorläufige Überprüfung des Regelsystems, des Ventilkühlvermögens und des Hauptstromkreises in Bezug auf Erwärmung, Geräusche und Funkstörungen durchzuführen. Eine endgültige Prüfung erfolgt bei der Energieübertragungsprüfung.

5.1.3 Allgemeine Vorbedingungen

Vor Beginn der Prüfung der Stromrichterstation müssen die folgenden Betriebsmittel spannungsfrei geprüft werden und verfügbar sein:

- a) Wechselstrom-Schaltanlage;

- b) Drehstromfilter, Kondensatorbatterien und Nebenschlussdrosselspulen;
- c) Gleichstromfilter und -Schaltanlage;
- d) Stromrichter-Transformatoren;
- e) Thyristorventile und Kühlsystem;
- f) Hilfsbetriebe der Station;
- g) Brandschutzsysteme;
- h) Wechselstrom- und Gleichstromschutzsysteme;
- i) Regelsystem;
- j) Gleichstromleitung oder -kabel (für die Leerlaufprüfung);
- k) Meldungsfolgeschreiber;
- l) Warnmeldesystem;
- m) Störschreiber.

Vor den Prüfungen der Stromrichterstation müssen genaue Verfahrensabläufe und Pläne erarbeitet werden. Da die Prüfungen bestimmte Störungen oder eine erhöhte Gefahr für die angeschlossenen Wechselstromsysteme nach sich ziehen können, müssen die Betreiber der Systeme hinzugezogen werden.

5.2 Prüfung der Stromrichtergruppe

5.2.1 Zweck der Prüfung

Mit der Prüfung wird nachgewiesen, dass die Isolationsfestigkeit beim ersten Betreiben der Stromrichtergruppe erreicht worden ist und dass die elektrische Phasenlage korrekt ist.

5.2.2 Vorbedingungen für die Prüfung

Die Vorbedingungen für die Prüfung sind:

- a) Sämtliche Regel- und Schutzeinrichtungen im Zusammenhang mit den Hochspannungsbetriebsmitteln sind zu überprüfen und müssen in Betrieb sein. Kurz vor der Versorgung mit Hochspannung ist eine Auslöseprüfung durchzuführen.
- b) Überwachungseinrichtungen müssen angeschlossen und betriebsbereit sein.
- c) Alle Klemmverbindungen müssen angezogen und die Isolatoren sauber gewischt sein.
- d) Der Trennschalter der HGÜ-Leitung muss geöffnet und verriegelt sein.
- e) Sämtliche Sicherheitsverfahren müssen ausgeführt worden sein.
- f) Eine abschließende Sichtprüfung des Hochspannungsbetriebsmittels muss durchgeführt werden und die Zählernummern der Überspannungsableiter müssen aufgezeichnet werden.
- g) Die Niederspannungsseite der Ventile muss geerdet sein.

5.2.3 Prüfverfahren

5.2.3.1 Versorgung mit Niederspannung

Die Prüfbedingungen sind die folgenden:

- a) Während der Prüfung müssen alle internen Bezugsspannungen in den Regeleinrichtungen und die Zündimpulse der Ventilregeleinheit (valve control unit, VCU) überwacht werden.
- b) Die Prüfung kann durchgeführt werden, indem auf der Primärseite oder auf der Ventilseite des Stromrichter-Transformators eine Spannung von 0,5 kV bis 10 kV angelegt wird, wobei fast alle Thyristoren in jeder Ventilstellung kurzgeschlossen werden.

- c) Als Last auf der Gleichstromseite kann ein entsprechender Widerstand oder eine entsprechende Drosselspule dienen.
- d) Jedes einzelne Ventil wird durch einen einzelnen Thyristorplatz dargestellt. Bei einer Betriebsprüfung mit Niederspannung werden die Ventile deblockiert, und der Stromrichter wird im Normalbetrieb oder im Leerlauf betrieben.

ANMERKUNG Ein alternativer Ansatz für die Überprüfung der Phasenlage der Hauptstromkreisverbindungen des Stromrichters und der Verbindungen zu den Stromrichter-Transformatoren ist eine umfassende Sichtprüfung der Verschaltung und ein Vergleich mit der zutreffenden Dokumentation. Dazu gehört jedoch der Nachweis, dass die Regelungseinrichtung einen Zündimpuls an den richtigen Thyristor sendet.

5.2.3.2 Versorgung mit Hochspannung

Die Prüfbedingungen sind die folgenden:

- a) Der Stromrichter-Transformator wird mit blockierten Ventilen eingeschaltet und die elektrische Phasenlage durch das Regelsystem überprüft.
- b) Es ist sicherzustellen, dass der Stufenschalter des Stromrichter-Transformators am Anfang in der höchsten Stellung ist (geringste Spannung auf der Ventilseite); danach wird er stufenweise auf die Bemessungsspannung eingestellt.
- c) Der Transformator bleibt für eine Dauer von mindestens 6 h eingeschaltet.
- d) Die Wechselspannung, der stationäre Strom und der Einschaltstrom sind aufzuzeichnen, und das Betriebsmittel ist auf außergewöhnliche Geräusche und Koronaentladungen während der Prüfung zu untersuchen.

5.2.4 Abnahmekriterien für die Prüfung

Die Abnahmekriterien für die Prüfung sind:

- a) Im eingeschalteten Betriebsmittel dürfen keine außergewöhnlichen Geräusche oder Koronaentladungen auftreten.
- b) Die Schutzeinrichtungen müssen einwandfrei arbeiten.
- c) Parameterwerte wie die Spannung müssen den erwarteten Wert aufweisen.

5.3 Betrieb von reaktiven Bauteilen

5.3.1 Allgemeines

Reaktive Bauteile wie Drehstromfilter, Kondensatorbatterien und Nebenschlussdrosselspulen werden zuerst einzeln eingeschaltet. Die kombinierte Schaltung dieser Bauteile ist im [Abschnitt 6](#) beschrieben.

5.3.2 Zweck der Prüfung

- a) Nachweis, dass eine einwandfreie Spannungsfestigkeit erreicht worden ist;
- b) Nachweis, dass die Drehstromfilter, Kondensatorbatterien und Nebenschlussdrosselspulen zwischen den drei Phasen symmetrisch sind;
- c) Bestätigung der Leerlaufströme und -spannungen der Schutzeinrichtungen, soweit vorhanden.

5.3.3 Vorbedingungen für die Prüfung

Die Vorbedingungen für die Prüfung sind:

- a) Sämtliche Regel- und Schutzeinrichtungen (Haupt- und Reserveschutz) im Zusammenhang mit den Hochspannungsbetriebsmitteln sind zu überprüfen und müssen in Betrieb sein. Kurz vor der Versorgung mit Hochspannung ist eine Auslöseprüfung durchzuführen.
- b) Die Abstimmung des Drehstromfilters muss abgeschlossen sein.

- c) Drehstromfilter und Parallelkondensatoren müssen symmetrisch sein.
- d) Alle Klemmverbindungen müssen angezogen und die Isolatoren sauber gewischt sein.
- e) Sämtliche Sicherheitsverfahren müssen ausgeführt worden sein.
- f) Eine abschließende Sichtprüfung des Hochspannungsbetriebsmittels muss durchgeführt werden, und die Zählernummern der Überspannungsableiter müssen aufgezeichnet werden.

5.3.4 Prüfverfahren

Die Prüfung ist folgendermaßen durchzuführen:

- a) Drehstromfilter, Kondensatorbatterien und Nebenschlussdrosselspulen sind nacheinander einzuschalten.
- b) Jeder Drehstromfilter, jede Kondensatorbatterie und Nebenschlussdrosselspule muss mindestens 2 h lang unter Spannung stehen.
- c) Es sind die Wechselspannung, der stationäre Strom und der Einschaltstrom aufzuzeichnen, und das Betriebsmittel ist auf außergewöhnliche Geräusche und Koronaentladungen während der Prüfung zu untersuchen.

5.3.5 Abnahmekriterien für die Prüfung

Die Abnahmekriterien für die Prüfung sind:

- a) Im eingeschalteten Betriebsmittel dürfen keine außergewöhnlichen Geräusche oder Koronaentladungen auftreten.
- b) Die Schutzeinrichtungen müssen einwandfrei arbeiten.
- c) Die Drehstromfilter und Kondensatorbatterien müssen innerhalb der Grenzwerte der Auslegung symmetrisch sein.

5.4 Umstellung der Konfiguration des Gleichstromsystems

5.4.1 Allgemeines

Die Umstellung der Konfiguration des Gleichstromsystems kann in einem Verbindungssystem oder einem Punkt-zu-Punkt-System mit einer einzigen Stromrichtergruppe je Pol relativ einfach sein. Die Schaltvorgänge werden komplizierter, wenn die Pole der Station Parallel- oder Serien-Stromrichter besitzen. Mit dieser Prüfung wird nachgewiesen, dass Betriebsmittel, Leistungsschalter, Trennschalter oder Erdungsschalter in der richtigen Ablauffolge angesteuert und ordnungsgemäß verriegelt werden. Die Änderung der Konfiguration des Gleichstromsystems unter Last ist im [Abschnitt 6](#) beschrieben.

Umschaltungen zwischen verschiedenen Konfigurationen des Gleichstromsystems können selbsttätig und gemeinsam ausgelöst werden oder manuell von der örtlichen Leittechnik oder von einer entfernten Netzleitstelle. Bei einer manuellen oder unabhängigen Betriebsart müssen die Bedienpersonen diese Maßnahmen über die Sprachkommunikation miteinander abstimmen.

5.4.2 Zweck der Prüfung

Mit dieser Prüfung wird nachgewiesen, ob die verschiedenen verfügbaren Konfigurationen des Gleichstromsystems sicher umgeschaltet werden können, bevor erstmals Energie übertragen wird.

5.4.3 Vorbedingungen für die Prüfung

Die Vorbedingungen für die Prüfungen sind:

- a) Die Prüfungen außerhalb des Einsatzortes zum Nachweis der Umstellung der Konfiguration des Gleichstromsystems müssen abgeschlossen sein.
- b) Alle notwendigen Wechselstrom- und Gleichstrom-Schaltanlagen müssen in Betrieb sein.
- c) Es müssen Bedienungsanweisungen und Prüfverfahren zur Verfügung stehen.

5.4.4 Prüfverfahren

Die Umschaltung zwischen festgelegten Konfigurationen des Gleichstromsystems muss nachgewiesen werden. Die Konfigurationsänderung sollten von einer der nachfolgend definierten Anfangsbedingungen aus erfolgen:

- Monopol-Erdrückleitung;
- Monopol-Leiterrückleitung;
- bipolarer Betrieb;
- Einbeziehung von Parallel- oder Serien-Stromrichtern.

Die Prüfungen müssen zuerst mit abgeschalteter und dann mit eingeschalteter Telekommunikation durchgeführt werden:

- a) Vorbereitung der Sprachkommunikation mit den Bedienpersonen der anderen Anschlusspunkte;
- b) Abschaltung der Telekommunikation;
- c) Rücksetzen aller Warnmeldungen;
- d) Auswahl der Anfangskonfiguration des Gleichstromsystems in Übereinstimmung mit den Betriebsanweisungen; dieser Vorgang erfolgt stufenweise unter Einbeziehung der Bedienpersonen an jedem Anschlusspunkt;
- e) Überprüfung des entsprechenden Schaltvorganges am Bedienbildschirm und am Meldungsfolgeschreiber; Simulation von Fehlzuständen in der Schaltfolge;
- f) Wiederholen der Prüfung für alle zutreffenden Konfigurationen des Gleichstromsystems;
- g) Wiederherstellung der Telekommunikation;
- h) Wiederholung der Prüfungen im automatischen Betrieb und im Betrieb in Verbindung mit der Gegenstation.

5.4.5 Abnahmekriterien für die Prüfung

Die Abnahmekriterien für die Prüfung sind:

- a) Die Schaltfolgen müssen die Umschaltungen zwischen allen anwendbaren Konfigurationen des Gleichstromsystems mit und ohne Telekommunikation ordnungsgemäß ausführen.
- b) Sämtliche Schaltfolgen müssen sicher und ordnungsgemäß ausgeführt werden.
- c) Die Verriegelung der Erdungsschalter, Trennschalter und Leistungsschalter der Wechselstrom- und Gleichstrom-Schaltanlagen muss den technischen Spezifikationen entsprechen.
- d) Es sollte die Möglichkeit bestehen, die Konfiguration des Gleichstromsystems von örtlichen und gegebenenfalls von entfernten Bedienorten zu ändern.
- e) Eine unvollständige Folge muss mit einem sicheren Zustand abgeschlossen werden.

5.5 Elektromagnetische Verträglichkeit

5.5.1 Zweck der Prüfung

Die Prüfung darf an jeder Station und an jedem Pol einzeln durchgeführt werden, wenn es vom Betreiber so festgelegt ist. Mit der Prüfung wird nachgewiesen, dass es keine Probleme mit der elektromagnetischen Verträglichkeit der Betriebsmittel in den Schaltschränken gibt.

5.5.2 Vorbedingungen für die Prüfung

Die Vorbedingungen für die Prüfung sind:

- a) Sämtliche Primärbetriebsmittel in der Wechselstrom- und der Gleichstrom-Schaltanlage der geprüften Station sollten spannungsfrei sein.

- b) Sämtliche Regel- und Schutzeinrichtungen (Haupt- und Reserveeinrichtungen) im Zusammenhang mit dem Hochspannungsbetriebsmittel sind zu überprüfen und müssen in Betrieb sein.
- c) Alle Warn- und Überwachungseinrichtungen (einschließlich Meldungsfolgeschreiber) sind zu überprüfen und müssen in Betrieb sein.

Alle Schaltschränke des Regel- und Schutzsystems und die Geräte darin sind vorhanden.

Sämtliche Sicherheitsverfahren müssen ausgeführt worden sein.

Eine abschließende Sichtprüfung des Hochspannungsbetriebsmittels muss durchgeführt werden und die Zählernummern der Überspannungsableiter müssen aufgezeichnet werden.

Die Prüfeinrichtungen wie tragbare Funksprechgeräte oder Mobiltelefone sollten überprüft und in Betrieb sein. Darüber hinaus sollte die Sendeleistung der Prüfeinrichtung zwischen 3 W und 5 W betragen.

5.5.3 Prüfverfahren

5.5.3.1 Allgemeines

Zur Überprüfung der elektromagnetischen Verträglichkeit können verschiedene Störquellen benutzt werden, die nachfolgend aufgeführt sind.

5.5.3.2 Prüfverfahren mit einer aussendenden Quelle

Das Prüfverfahren ist das folgende:

- a) Es ist sicherzustellen, dass die geprüften Schaltschränke und Geräte der Regel- und Schutzeinrichtungen eingeschaltet sind.
- b) Die Tür des Schaltschranks der Gleichstromregeleinrichtung ist zu öffnen.
- c) Die aussendende Quelle sollte zuerst vor und anschließend hinter jeder Schaltschranktür der Schalttafel angeordnet werden, und das Aussenden muss dreimal an jeder Stelle wiederholt werden. Der Abstand zwischen der aussendenden Quelle und den Schaltschranktüren der Schalttafel sollte nach **IEC 61000-4-3** berechnet werden. Die Dauer jeder Aussendung darf nicht weniger als 10 s betragen.
- d) Die Einrichtung ist während der Prüfung auf außergewöhnliche Geräusche und Vorgänge zu überprüfen.

5.5.3.3 Prüfverfahren mit Ein- und Ausschalten der Wechselstromschiene

Das Prüfverfahren ist das folgende:

- a) Es ist sicherzustellen, dass alle Schaltschränke und Geräte der Regel- und Schutzeinrichtungen eingeschaltet sind.
- b) Die abgeschaltete Wechselstromschiene, die der Schaltwarte der Station am nächsten liegt, ist einzuschalten.
- c) Die genannte Stromschiene ist auszuschalten.
- d) Die Einrichtung ist während der Prüfung auf außergewöhnliche Geräusche und Vorgänge zu überprüfen.

5.5.4 Abnahmekriterien für die Prüfung

Während der Prüfung sollten keine außergewöhnlichen Regelvorgänge stattfinden.

5.6 Auslöseprüfung

5.6.1 Allgemeines

Die Prüfung sollte für jede Auslösespule in der Stromrichterstation und für jeden Pol durchgeführt werden, bevor die Drehstromfilter und Transformatoren eingeschaltet werden.

5.6.2 Zweck der Prüfung

Die Zwecke der Prüfung sind:

- a) Nachweis der Funktion der Schutz-Auslösestromkreise der Betriebsmittel in der Stromrichterstation;
- b) Nachweis der Schaltfolge und des Betriebsverhaltens der Schutzauslösung.

5.6.3 Vorbedingungen für die Prüfung

Die Vorbedingungen für die Prüfungen sind:

- a) Sämtliche Betriebsmittel in der Wechselstrom- und der Gleichstrom-Schaltanlage der geprüften Station sollten spannungsfrei sein.
- b) Sämtliche Regel- und Schutzeinrichtungen (Haupt- und Reserveeinrichtungen) im Zusammenhang mit dem Hochspannungsbetriebsmittel sind zu überprüfen und müssen in Betrieb sein.
- c) Alle Warn- und Überwachungseinrichtungen (einschließlich Meldungsfolgeschreiber) sind zu überprüfen und müssen in Betrieb sein.
- d) Sämtliche Sicherheitsverfahren müssen ausgeführt worden sein.
- e) Eine abschließende Sichtprüfung des Hochspannungsbetriebsmittels muss durchgeführt werden und die Zählernummern der Überspannungsableiter müssen aufgezeichnet werden.

5.6.4 Prüfverfahren

5.6.4.1 Allgemeines

Die Auslösesignale können von unterschiedlichen Stellen ausgelöst werden, die nachfolgend aufgeführt sind.

5.6.4.2 Auslöseprüfung des Gleichstromschutzes

Am Anschlusspunkt des geprüften Gleichstrom-Schutzkreises wird ein Auslösesignal eingeleitet, und der Wechselstrom-Leistungsschalter auf der Seite der Wechselstromquelle muss ausgelöst werden.

5.6.4.3 Auslöseprüfung des Schutzes des Drehstromfilters und des Parallelkondensators

Am Anschlusspunkt der Schutzauslösung des geprüften Drehstromfilters und des geprüften Parallelkondensators wird ein Auslösesignal eingeleitet, und der Leistungsschalter des Drehstromfilters sollte ausgelöst werden.

5.6.4.4 Auslöseprüfung der Not-Aus-Taste

Die Not-Aus-Taste in der Schaltwarte wird gedrückt. Der Wechselstrom-Leistungsschalter auf der Seite der Wechselstromquelle sollte ausgelöst werden.

5.6.5 Abnahmekriterien für die Prüfung

Die Abnahmekriterien für die Prüfung sind:

- a) Der Leistungsschalter auf der Seite der Wechselstromquelle des Stromrichter-Transformators muss ordnungsgemäß ausgelöst werden, eingeleitet entweder durch den Gleichstromschutz oder manuell durch die Not-Aus-Taste.
- b) Der Leistungsschalter auf der Seite der Wechselstromquelle jedes Drehstromfilters oder jedes Parallelkondensators muss ordnungsgemäß ausgelöst werden, eingeleitet durch deren Schutzauslöse-Stromkreis.
- c) Es sollte keine außergewöhnliche Warnmeldung oder kein außergewöhnliches Ereignis auftreten.

5.7 Leerlaufprüfung

5.7.1 Zweck der Prüfung

Auf die Leerlaufprüfung kann verzichtet werden, wenn die Zwecke dieser Prüfung durch andere Prüfungsaspekte abgedeckt werden.

Die Prüfung überprüft den Zustand und die stabile Zuschaltung der Gleichstrom-Schaltanlage und des Gleichstrom-Übertragungskreises. Es kann in ausgezeichneter Weise der Zustand der HGÜ-Leitungen und Kabel nachgewiesen werden. Die Prüfungen müssen aufeinanderfolgend durchgeführt werden. An erster Stelle ist die Leerlaufprüfung der Gleichstrom-Schaltanlage durchzuführen.

Die Leerlaufprüfung der Gleichstrom-Schaltanlage kann von beiden Anschlusspunkten des HGÜ-Systems aus durchgeführt werden.

Die Leerlaufprüfung des Gleichstrom-Übertragungskreises, die von jedem Anschlusspunkt des HGÜ-Systems aus, aber nacheinander durchgeführt werden kann, kann von dem Stromrichter aus erfolgen, der zuerst zur Verfügung steht, vorzugsweise aber von dem Anschlusspunkt mit der höchsten Betriebsspannung aus.

5.7.2 Vorbedingungen für die Prüfung

5.7.2.1 Leerlaufprüfung der Gleichstrom-Schaltanlage

Die Vorbedingungen für die Prüfung sind:

- a) Die Stromrichter-Transformatoren müssen eingeschaltet sein.
- b) Sämtliche Regel- und Schutzeinrichtungen im Zusammenhang mit den Stromrichter-Transformatoren und die Gleichstrom-Schaltanlage einschließlich Gleichstrom-Spannungsteiler müssen überprüft worden und in Betrieb sein. Kurz vor dem Betrieb mit Hochspannung ist eine Auslöseprüfung durchzuführen. Vorzugsweise muss ein Niederspannungsbetrieb durchgeführt worden sein.
- c) Überwachungseinrichtungen müssen angeschlossen und betriebsbereit sein.
- d) Alle Klemmverbindungen müssen angezogen und die Isolatoren sauber gewischt sein.
- e) Der Trennschalter der HGÜ-Leitung muss geöffnet und verriegelt sein.
- f) Sämtliche Sicherheitsverfahren müssen ausgeführt worden sein.
- g) Eine abschließende Sichtprüfung der Gleichstrom-Schaltanlage muss durchgeführt werden und die Zählernummern der Überspannungsableiter müssen aufgezeichnet werden.
- h) Die Abstimmung des Drehstromfilters muss abgeschlossen sein.

5.7.2.2 Leerlaufprüfung des Gleichstrom-Übertragungskreises

Die Vorbedingungen für die Prüfung sind:

- a) Die Gleichstrom-Schaltanlage muss erfolgreich eingeschaltet worden sein.
- b) Sämtliche Regel- und Schutzeinrichtungen müssen überprüft worden und in Betrieb sein.
- c) Der Gleichstrom-Übertragungskreis muss verfügbar sein.
- d) Es ist zu prüfen und sicherzustellen, dass die Gegenstation abgetrennt ist.
- e) Das Sprachkommunikationssystem muss in Betrieb sein.
- f) Sämtliche Sicherheitsverfahren müssen ausgeführt worden sein.
- g) Die Neutrale Seite des Stromrichters muss an die Erdelektrode und die Hochspannungsseite muss an die Leitung oder das Kabel angeschlossen sein.