

	Thyristorventile für Hochspannungsgleichstrom-Energieübertragung (HGÜ) Teil 1: Elektrische Prüfung (IEC 60700-1:1998) Deutsche Fassung EN 60700-1:1998	DIN EN 60700-1
VDE	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Vorstand beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter nebenstehenden Nummern in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekanntgegeben worden.	Klassifikation VDE 0553 Teil 1
Diese Norm enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm IEC 60700-1 ICS 31.080.20 Thyristor valves for high voltage direct current (HVDC) power transmission – Part 1: Electrical testing (IEC 60700-1:1998); German version EN 60700-1:1998 Valves à thyristors pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension (CCHT) – Partie 1: Essais électriques (CEI 60700-1:1998); Version allemande EN 60700-1:1998 Die Europäische Norm EN 60700-1:1998 hat den Status einer Deutschen Norm. Beginn der Gültigkeit Die EN 60700-1 wurde am 1. Oktober 1998 angenommen. Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN IEC 22F/33/CDV (VDE 0553 Teil 1):1997-03. Fortsetzung Seite 2 und 36 Seiten EN Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)		

Nationales Vorwort

Diese Norm enthält die deutsche Übersetzung der Europäischen Norm EN 60700-1 „Thyristor valves for high voltage direct current (HVDC) power transmission – Part 1: Electrical testing“, Ausgabe 1998-10.

Die Publikation IEC 60700-1, Ausgabe 1998-09, wurde vom IEC/22F „Power electronics for electrical transmission and distribution systems“ erarbeitet und der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen.

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium UK 331.4 „HGÜ-Stromrichter“ der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE) zuständig.

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

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

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig.

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	ISO/IEC Guide 25:1990	–	–
HD 588 S1:1991 EN 60060:1994	Publikationen der Reihe IEC 60060	DIN IEC 60060-1 (VDE 0432 Teil 1): 994-06 DIN EN 60060-2 (VDE 0432 Teil 2):1996-03	VDE 0432 Teil 1 VDE 0432 Teil 2
EN 60071-1:1995	IEC 60071-1:1993	DIN EN 60071-1 (VDE 0111 Teil 1):1996-07	VDE 0111 Teil 1
EN 60099-4:1993	Publikationen der Reihe IEC 60099	Normen der Reihe DIN EN 60099 (VDE 0675)	VDE 0675
–	IEC 60270:1981	DIN VDE 0434 (VDE 0434):1983-05	VDE 0434
EN 61803 ¹⁾	IEC 61803:1999	–	–
1) im Druck			

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60060-2
(VDE 0432 Teil 2) Hochspannungs-Prüftechnik – Teil 2: Meßsysteme (IEC 60060-2:1994);
Deutsche Fassung EN 60060-2:1994

DIN EN 60071-1
(VDE 0111 Teil 1) Isolationskoordination – Teil 1: Begriffe, Grundsätze und Anforderungen
(IEC 60071-1:1993);
Deutsche Fassung EN 60071-1:1995

Normen der Reihe
DIN EN 60099
(VDE 0675) Überspannungsableiter

DIN IEC 60060-1
(VDE 0432 Teil 1) Hochspannungs-Prüftechnik – Teil 1: Allgemeine Festlegungen und Prüfbedingungen
(IEC 60060-1:1989 + Corrigendum März 1990);
Deutsche Fassung HD 588.1 S1:1991

DIN VDE 0434
(VDE 0434) Hochspannungs-Prüftechnik – Teilentladungsmessungen

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN 60700-1

Oktober 1998

ICS

Deskriptoren:

Deutsche Fassung

**Thyristorventile für Hochspannungsgleichstrom-Energieübertragung
(HGÜ)**

**Teil 1: Elektrische Prüfung
(IEC 60700-1:1998)**

Thyristor valves for high voltage direct current
(HVDC) power transmission
Part 1: Electrical testing
(IEC 60700-1:1998)

Valves à thyristors pour le transport d'énergie en
courant continu à haute tension (CCHT)
Partie 1: Essais électriques
(CEI 60700-1:1998)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 1. Oktober 1998 angenommen. Die 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 Zentralsekretariat 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 Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

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

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 22F/44/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 60700-1, ausgearbeitet von dem SC 22F „Power electronics for electrical transmission and distribution systems“ des IEC/TC 22 „Power electronics“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 1. Oktober 1998 als EN 60700-1 angenommen.

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): 1999-07-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2001-07-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norm-Inhalt.

Anhänge, die als „informativ“ bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.

In dieser Norm sind die Anhänge A, B und ZA normativ, und Anhang C ist informativ.

Die Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60700-1:1998 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Definitionen	5
4 Allgemeine Anforderungen	7
4.1 Leitlinien zur Durchführung von Typprüfungen	7
4.1.1 Ersatznachweis	7
4.1.2 Prüfungsziel	7
4.1.3 Reihenfolge der Prüfungen	7
4.1.4 Prüfverfahren	7
4.1.5 Umgebungstemperatur für das Prüfen	8
4.1.6 Prüffrequenz	8
4.1.7 Prüfberichte	8
4.2 Atmosphärische Korrektur	8
4.3 Behandlung der Redundanz	8
4.3.1 Dielektrische Prüfungen	8
4.3.2 Funktionsprüfungen	8
4.4 Kriterien für die erfolgreiche Typprüfung	8
4.4.1 Kriterien für Thyristorplätze	8
4.4.2 Kriterien für das Ventil als Ganzes	9
5 Liste der Typprüfungen	10
6 Dielektrische Prüfungen an der Ventilbasis	10
6.1 Zweck der Prüfungen	10
6.2 Prüfobjekt	10
6.3 Prüfungsanforderungen	11
6.3.1 Gleichspannungsprüfung der Ventilbasis	11
6.3.2 Wechselspannungsprüfung der Ventilbasis	11
6.3.3 Schaltstoßspannungsprüfung der Ventilbasis	12
6.3.4 Blitzstoßspannungsprüfung der Ventilbasis	12
7 Dielektrische Prüfungen für Mehrfachventile (MVU)	12
7.1 Zweck der Prüfungen	12
7.2 Prüfobjekt	12
7.3 Prüfungsanforderungen	12
7.3.1 Gleichspannungsprüfung des Mehrfachventils (MVU)	12
7.3.2 Wechselspannungsprüfung des Mehrfachventils (MVU)	13
7.3.3 Schaltstoßspannungsprüfung des Mehrfachventils (MVU)	13
7.3.4 Blitzstoßspannungsprüfung des Mehrfachventils (MVU)	14
8 Dielektrische Prüfungen zwischen Ventilanschlüssen	14
8.1 Zweck der Prüfungen	14
8.2 Prüfobjekt	15
8.3 Prüfungsanforderungen	15
8.3.1 Gleichspannungsprüfung des Ventils	15
8.3.2 Wechselspannungsprüfung des Ventils	15
8.3.3 Stoßspannungsprüfungen des Ventils (Allgemeines)	16
8.3.4 Schaltstoßspannungsprüfung des Ventils	17
8.3.5 Blitzstoßspannungsprüfung des Ventils	17

	Seite
8.3.6 Steilstoßspannungsprüfung des Ventils.	17
8.4 Prüfung des Ventils mit nichtperiodischer Zündung.	18
8.4.1 Zweck der Prüfung.	18
8.4.2 Prüfobjekt.	18
8.4.3 Prüfungsanforderungen.	18
9 Prüfungen des periodischen Ein- und Ausschaltens.	19
9.1 Zweck der Prüfungen.	19
9.2 Prüfobjekt.	19
9.3 Prüfungsanforderungen.	19
9.3.1 Prüfungen der höchsten Dauerbelastung.	20
9.3.1.1 Prüfung der höchsten Dauerzündspannung.	20
9.3.1.2 Prüfung der höchsten dauernden Wiederkehrspannung.	20
9.3.1.3 Prüfung der Erwärmung.	21
9.3.2 Prüfung der höchsten Kurzzeitbelastung ($\alpha = 90^\circ$)	21
9.3.3 Prüfungen bei der kleinsten Wechselspannung.	21
9.3.3.1 Prüfung bei kleinstem Steuerwinkel.	22
9.3.3.2 Prüfung bei kleinstem Löschwinkel.	22
9.3.4 Prüfung mit kurzzeitiger Unterspannung.	22
9.3.5 Prüfungen mit Lückstrom.	23
10 Prüfungen mit transienter Vorwärtsspannung während der Freiwerdezeit.	23
10.1 Zweck der Prüfungen.	23
10.2 Prüfobjekt.	23
10.3 Prüfungsanforderungen.	23
11 Fehlerstromprüfungen des Ventils.	24
11.1 Zweck der Prüfungen.	24
11.2 Prüfobjekt.	24
11.3 Prüfungsanforderungen.	24
11.3.1 Prüfung mit einfacher Kurzschlußstromwelle und wiederkehrender Vorwärtsspannung.	25
11.3.2 Prüfung mit mehreren Kurzschlußstromwellen ohne wiederangelegte Vorwärtsspannung.	25
12 Prüfungen der Unempfindlichkeit des Ventils gegen elektromagnetische Störungen.	26
12.1 Zweck der Prüfungen.	26
12.2 Prüfobjekt.	26
12.3 Prüfungsanforderungen.	27
12.3.1 Ansatz 1.	27
12.3.2 Ansatz 2.	27
12.3.3 Annahmekriterien.	27
13 Prüfung besonderer Eigenschaften.	27
13.1 Zweck der Prüfungen.	27
13.2 Prüfobjekt.	27
13.3 Prüfungsanforderungen.	27
14 Fertigungsprüfungen.	28
14.1 Zweck der Prüfungen.	28
14.2 Prüfobjekt.	28
14.3 Prüfungsanforderungen.	28
14.4 Ziele der Fertigungsprüfungen.	28
14.4.1 Sichtprüfung.	28
14.4.2 Verbindungsprüfung.	28

	Seite
14.4.3 Prüfung der Spannungsteilerkreise	28
14.4.4 Prüfung der Spannungsfestigkeit	28
14.4.5 Teilentladungsprüfungen	28
14.4.6 Prüfung von Hilfseinrichtungen	28
14.4.7 Zündprüfung	29
14.4.8 Druckprüfung	29
15 Verfahren zur Bestimmung der Verluste	29
16 Darstellung der Ergebnisse der Typprüfungen	29
Anhang A (normativ) Prüfsicherheitsfaktoren	30
Anhang B (normativ) Teilentladungsmessungen	33
Anhang C (informativ) Fehlertoleranz	35
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf Internationale Publikationen mit ihren entsprechenden Europäischen Publikationen	36

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für Thyristorventile mit Metalloxid-Überspannungsableitern, die unmittelbar zwischen den Ventilanschlüssen angeschlossen sind, zur Verwendung in einem netzkommutierten Umrichter für die Hochspannungsgleichstrom-Energieübertragung oder als Teil eines Kurzkupplungssystems. Sie ist eingeschränkt auf elektrische Typ- und Fabrikationsprüfungen.

Die in dieser Norm festgelegten Prüfungen basieren auf luftisolierten Ventilen. Bei anderen Ventiltypen müssen die Prüfanforderungen und Annahmekriterien vereinbart werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Normen enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil der vorliegenden Internationalen Norm sind. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig. Alle Normen unterliegen der Überarbeitung, und Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf dieser Internationalen Norm basieren, werden gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, ob die jeweils neuesten Ausgaben der im folgenden genannten Normen angewendet werden können. Die Mitglieder von IEC und ISO führen Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen Internationalen Normen.

ISO/IEC Guide 25:1990	<i>General requirements for the competence of calibration and testing laboratories</i>
IEC 60060	<i>High-voltage test techniques</i>
IEC 60060-1:1989	<i>High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements</i>
IEC 60071-1:1993	<i>Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules</i>
IEC 60099	<i>Surge arresters</i>
IEC 60270:1981	<i>Partial discharge measurements</i>
IEC 61803	<i>Determination of power losses in high-voltage direct current (HVDC) converter stations¹⁾</i>

3 Definitionen

Für den Zweck dieses Teils der IEC 60700 gelten die folgenden Definitionen.

3.1 Begriffe der Isolationskoordination

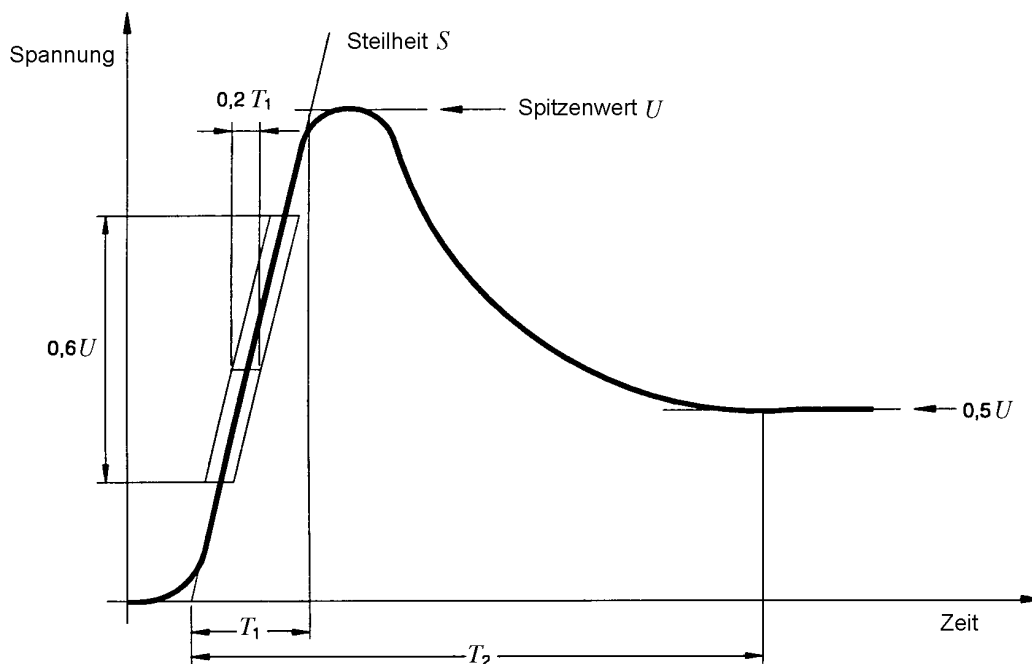
3.1.1 Prüfstehspannung

Wert einer Prüfspannung mit genormter Wellenform, bei der ein neues Ventil, ohne irgendwelche Defekte, keine Überschläge zeigt und alle anderen für die bestimmte Prüfung festgelegten Annahmekriterien erfüllt, wenn das Ventil einer vorgeschriebenen Anzahl von Anwendungen oder einer vorgeschriebenen Dauer der Prüfspannung unter den vorgeschriebenen Bedingungen ausgesetzt wird.

3.1.2 Steilstoß

Ein Spannungsimpuls mit einer rasch ansteigenden Anstiegsflanke, deren Anstiegszeit bis zum Spitzenwert geringer als die eines genormten Blitzstoßes, aber nicht geringer als die einer sehr rasch ansteigenden Spannung nach IEC 60071-1 ist. Für diese Norm wird ein Steilstoß für Prüfungszwecke in Bild 1 definiert.

1) im Druck.



ANMERKUNGEN:

U Festgelegter Spitzenwert des Steilstoßes (kV);

S Festgelegte Steilheit des Steilstoßes (kV/ μ s);

T_1 Virtuelle Anstiegszeit $\frac{U}{S}$ (μ s).

Die folgenden Bedingungen müssen erfüllt werden:

- Der Spitzenwert der aufgezeichneten Prüfspannung muß $U \pm 3 \%$ betragen. Diese Toleranz ist die gleiche wie in IEC 60060 für den genormten Blitzstoß.
- Der Spannungsverlauf des Anstiegs der aufgezeichneten Prüfspannung muß sich in einem Bereich von mindestens $0,6 U$ vollständig innerhalb zweier paralleler Linien der Steilheit S und des Abstandes $0,2 T_1$ befinden.
- Der Wert der Prüfspannung bei T_2 darf nicht geringer sein als $0,5 U$. T_2 ist der Zeitraum zwischen dem Beginn und dem Zeitpunkt, zu dem die Spannung auf die Hälfte des Spitzenwertes der Wellenform abgefallen ist, was durch eine Systemstudie ermittelt wird. Es muß jedoch gesichert sein, daß ein unbeabsichtigtes dv/dt -Schalten des Thyristors adäquat nachgewiesen wird.

Bild 1: Steilstoß-Prüfspannung

3.1.3 Innere und äußere Isolation

Luft außerhalb der Bauteile und Isoliermaterialien des Ventils, die sich innerhalb des Profils des Ventils oder des Mehrfachventils befindet, muß als Teil des inneren Isolationssystems des Ventils betrachtet werden. Die äußere Isolierung ist die Luft zwischen der äußeren Oberfläche des Ventils oder des Mehrfachventils und seiner Umgebung.

3.1.4 Schutzzündung des Ventils

Mittel zum Schutz der Thyristoren vor Überspannung durch deren Zünden bei einer vorbestimmten Spannung.

3.2 Begriffe des Ventilaufbaus

3.2.1 Ventilbasis

Der Teil des Ventils, der den aktiven Teil des Ventils, in dem die Ventilabschnitte untergebracht sind, mechanisch trägt und elektrisch gegen Erde isoliert.

ANMERKUNG: Ein Ventiltteil, der deutlich in einer diskreten Form als eine Ventilbasis erkennbar ist, braucht nicht in allen Ventilkonstruktionen vorhanden zu sein.

3.2.2 Ventilgerüst

Der Teil des mechanischen Aufbaus, der die Thyristorplätze eines Ventils mechanisch fixiert und entsprechend der Spannung gegen Erde isoliert ist.

3.2.3 Redundante Thyristorplätze

Thyristorplätze in der Reihenschaltung, die kurzgeschlossen werden dürfen, wobei die festgelegten Typprüfungsanforderungen des Ventils weiterhin erfüllt werden.

3.2.4 Ventilfußpunktelektronik

Eine Elektroneinheit auf Erdpotential, die die Schnittstelle zwischen dem Steuerungssystem des Umrichters und den Thyristorventilen bildet.

3.3 Typprüfungen

Die Prüfungen, die durchgeführt werden, um zu überprüfen, daß die Ventilart/Ventilbemessung die festgelegten Anforderungen erfüllt. In dieser Norm werden Typprüfungen in zwei Hauptkategorien eingeteilt: Dielektrische Prüfungen und Funktionsprüfungen.

3.3.1 Dielektrische Prüfungen

Die Prüfungen, die durchgeführt werden, um die Hochspannungseigenschaften des Ventils zu überprüfen.

3.3.2 Funktionsprüfungen

Die Prüfungen, die durchgeführt werden, um die Einschalteigenschaften, die Abschalteigenschaften und die Eigenschaften hinsichtlich Stromführung des Ventils zu überprüfen.

3.4 Fertigungsprüfungen

Die Prüfungen, die durchgeführt werden, um die ordnungsgemäße Herstellung zu überprüfen, damit die Eigenschaften eines Ventils den festgelegten Eigenschaften entsprechen.

3.4.1 100%-Prüfungen

Die Fertigungsprüfungen, die an allen Ventilen, Ventilmodulen oder Komponenten durchgeführt werden.

3.4.2 Stichprobenprüfungen

Die Fertigungsprüfungen, die an einer kleinen Anzahl von Ventilen, Ventilmodulen oder Komponenten durchgeführt werden, die wahllos einem Fertigungslos entnommen werden.

4 Allgemeine Anforderungen

4.1 Leitlinien zur Durchführung von Typprüfungen

4.1.1 Ersatznachweis

Jede Ventilausführung muß den in dieser Norm vorgeschriebenen Typprüfungen unterzogen werden. Falls das Ventil nachweisbar einem bisher geprüften ähnlich ist, darf der Lieferant, anstatt eine Typprüfung durchzuführen, einen Prüfbericht einer vorangegangenen Typprüfung dem Käufer zur Berücksichtigung übergeben. Dieser sollte durch einen getrennten Bericht begleitet werden, der die Unterschiede in der Bemessung und Konstruktion beschreibt und darstellt, wie die Referenz-Typprüfung den Prüfzielen der vorgeschlagenen Ausführung genügt.

4.1.2 Prüfungsziel

- Bestimmte Typprüfungen können entweder an einem vollständigen Ventil oder an Ventilabschnitten, wie in Tabelle 2 angegeben, durchgeführt werden. Für Typprüfungen an Ventilabschnitten muß die Gesamtanzahl der geprüften Ventilabschnitte mindestens so groß sein wie die Anzahl der Abschnitte in einem vollständigen Ventil.
- Die gleichen Ventilabschnitte müssen für alle Typprüfungen verwendet werden, sofern nicht anders angegeben.
- Vor Beginn der Typprüfungen sollte nachgewiesen werden, daß das Ventil, die Ventilabschnitte und/oder ihre Komponenten die Fertigungsprüfungen zur Sicherstellung der korrekten Herstellung bestanden haben.

4.1.3 Reihenfolge der Prüfungen

Die vorgeschriebenen Typprüfungen können in beliebiger Reihenfolge durchgeführt werden.

ANMERKUNG: Prüfungen mit Teilentladungsmessung können zusätzliches Vertrauen schaffen, wenn sie am Ende des Programms der dielektrischen Prüfungen durchgeführt werden.

4.1.4 Prüfverfahren

Die Prüfungen müssen nach IEC 60060 durchgeführt werden, wenn anwendbar.

4.1.5 Umgebungstemperatur für das Prüfen

Die Prüfungen müssen bei der in der Prüfeinrichtung vorherrschenden Umgebungstemperatur durchgeführt werden, sofern nicht anders vorgeschrieben.

4.1.6 Prüffrequenz

Dielektrische Prüfungen mit Wechselspannung können entweder bei 50 Hz oder bei 60 Hz durchgeführt werden. Für die Funktionsprüfungen sind die spezifischen Anforderungen betreffend der Prüffrequenz in den entsprechenden Abschnitten angegeben.

4.1.7 Prüfberichte

Bei Beendigung der Typprüfungen muß der Lieferant Typprüfberichte in Übereinstimmung mit Abschnitt 16 bereitstellen.

4.2 Atmosphärische Korrektur

Eine Korrektur der Prüfspannungen nach den atmosphärischen Bedingungen nach IEC 60060-1 muß angewendet werden, wenn dies im entsprechenden Abschnitt vorgeschrieben ist. Die Referenzbedingungen, auf die sich die Korrektur bezieht, müssen wie folgt sein:

- Druck: Normalluftdruck (101,3 kPa), korrigiert auf die Höhe des Ortes, an dem die Einrichtung installiert werden wird;
- Temperatur: höchste Nenntemperatur der Ventilhalle (°C);
- Feuchte: niedrigste absolute Nennluftfeuchte der Ventilhalle (g/m³).

Die zu verwendenden Werte müssen durch den Lieferanten festgelegt werden.

4.3 Behandlung der Redundanz**4.3.1 Dielektrische Prüfungen**

Bei allen dielektrischen Prüfungen zwischen den Ventilklemmen müssen die redundanten Thyristorplätze kurzgeschlossen werden mit der möglichen Ausnahme der Ventilprüfung mit nichtperiodischer Zündung (siehe 8.4). Die Lage der kurzzuschließenden Thyristorplätze muß zwischen Käufer und Lieferant vereinbart werden.

ANMERKUNG: Abhängig von der Auslegung können Einschränkungen hinsichtlich der Verteilung der kurzgeschlossenen Thyristorplätze auferlegt werden. Beispielsweise kann es eine höchstzulässige Anzahl kurzgeschlossener Thyristorplätze in einem einzelnen Ventilabschnitt geben.

4.3.2 Funktionsprüfungen

Bei den Funktionsprüfungen sollen redundante Thyristorplätze nicht kurzgeschlossen werden. Die verwendeten Prüfspannungen müssen mittels eines Skalierungsfaktors k_n angepaßt werden:

$$k_n = \frac{N_{\text{tut}}}{N_t - N_r}$$

Dabei ist:

- N_{tut} die Anzahl der reihengeschalteten Thyristorplätze im Prüfling;
- N_t die Gesamtanzahl der reihengeschalteten Thyristorplätze im Ventil;
- N_r die Gesamtanzahl der redundanten reihengeschalteten Thyristorplätze im Ventil.

4.4 Kriterien für die erfolgreiche Typprüfung

Erfahrungen der Industrie haben bestätigt, daß es selbst bei sorgfältigster Ventilbemessung nicht möglich ist, gelegentliche zufällige Fehlfunktionen von Komponenten der Thyristorplätze während des Betriebes zu vermeiden. Obwohl diese Fehlfunktionen belastungsabhängig sein können, werden diese soweit als zufällig betrachtet, als die Ursache der Fehlfunktion oder der Beziehung zwischen der Fehlerrate und der Belastung nicht vorhersehbar oder einer präzisen quantitativen Bestimmung nicht zugänglich ist. Typprüfungen setzen Ventile oder Ventilabschnitte innerhalb einer kurzen Zeit vielfachen Belastungen aus, die im allgemeinen den ungünstigsten Belastungen entsprechen, die in der Anlage nur wenige Male während der Lebenszeit des Ventils auftreten. Unter Berücksichtigung des Vorstehenden gestatten die nachstehenden Kriterien für die erfolgreiche Typprüfung daher, daß eine geringe Anzahl von Thyristorplätzen während der Typprüfung ausfällt, vorausgesetzt, daß die Ausfälle selten sind und keine Systematik aufweisen, die auf eine ungeeignete Bemessung hindeutet.

4.4.1 Kriterien für Thyristorplätze

- a) Falls durch eine in Abschnitt 5 aufgeführte Typprüfung mehr als ein Thyristorplatz (alternativ mehr als 1 % der in Reihe geschalteten Thyristorplätze in einem vollständigen Ventil, falls größer) kurzgeschlossen worden ist, muß dies als Versagen des Ventils bei den Typprüfungen angesehen werden.

- b) Falls durch eine Typprüfung ein Thyristorplatz (oder mehr, sofern innerhalb der 1 %-Grenze) kurzgeschlossen worden ist, soll/sollen der/die ausgefallene(n) Platz/Plätze wiederhergestellt und die Typprüfung fortgesetzt werden.
- c) Falls die kumulative Anzahl kurzgeschlossener Thyristorplätze während aller Typprüfungen mehr als 3 % der in Reihe geschalteten Thyristorplätze in einem vollständigen Ventil beträgt, muß dies als Versagen des Ventils bei den Typprüfungen angesehen werden.
- d) Falls Typprüfungen an Ventilabschnitten durchgeführt werden, gelten ebenfalls die vorstehenden Annahmekriterien, da die Anzahl der geprüften Ventilabschnitte nicht geringer als die Anzahl der Abschnitte in einem vollständigen Ventil sein darf (siehe 4.1.2a)).
- e) Das Ventil oder die Ventilabschnitte muß/müssen nach jeder Typprüfung überprüft werden, um zu bestimmen, ob einer der Thyristorplätze kurzgeschlossen wurde oder nicht. Ausgefallene Thyristoren oder Hilfskomponenten, die während oder am Ende einer Typprüfung entdeckt werden, dürfen vor weiterem Prüfen ersetzt werden.
- f) Beim Beenden des Prüfprogramms muß das Ventil oder müssen die Ventilabschnitte einer Folge von Kontrollprüfungen unterzogen werden, welche mindestens enthalten muß:
- Kontrolle der Spannungsfestigkeit der Thyristorplätze, sowohl in Vorwärts- als auch in Rückwärtsrichtung;
 - Kontrolle der Thyristor-Ansteuerung;
 - Kontrolle der Thyristor-Überwachung;
 - Kontrolle der Schutzkreise der Thyristorplätze durch Anlegen transientscher Spannungen über und unter der/den Schutzeinstellung(en);
 - Kontrolle der Beschaltungskreise zur Spannungsaufteilung.
- g) Kurzschlüsse der Thyristorplätze, die während der Kontrollprüfungen auftreten, müssen als Teil der vorstehend definierten Annahmekriterien gezählt werden. Zusätzlich zu den kurzgeschlossenen Plätzen darf die Gesamtanzahl der Fehler aufweisenden Thyristorplätze, welche nicht zu Kurzschlüssen der Thyristorplätze führten und die während des Typprüfungsprogramms entdeckt wurden, 3 % der in Reihe geschalteten Thyristorplätze in einem vollständigen Ventil nicht überschreiten. Wenn die Gesamtzahl solcher Plätze 3 % übersteigt, müssen Art der Fehler und ihre Ursache betrachtet und zusätzliche Maßnahmen, falls es welche gibt, zwischen Käufer und Lieferant vereinbart werden.
- h) Beim Anwenden der Prozent-Kriterien zur Bestimmung der größten zulässigen Anzahl kurzgeschlossener Thyristorplätze und der größten zulässigen Anzahl von Plätzen mit Fehlern, welche nicht zu Kurzschlüssen der Thyristorplätze führten, ist es übliche Praxis, auf die nächsthöhere ganze Zahl aufzurunden, wie in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Zulässige Fehler der Thyristorplätze während der Typprüfungen

Anzahl der Thyristorplätze in einem vollständigen Ventil minus der Anzahl redundanter Ebenen ($N_t - N_r$)	Anzahl der Thyristorplätze, die in einer der Typprüfungen kurzgeschlossen werden dürfen	Gesamtanzahl der Thyristorplätze, die in allen Typprüfungen kurzgeschlossen werden dürfen	Zusätzliche Anzahl der Thyristorplätze, die in allen Typprüfungen fehlerhaft werden dürfen, aber nicht kurzgeschlossen werden
bis zu 33	1	1	1
34 bis 67	1	2	2
68 bis 100	1	3	3
und so weiter			

Die Verteilung der kurzgeschlossenen Plätze und weiterer Fehler der Thyristorplätze am Ende aller Typprüfungen muß im wesentlichen zufällig sein und darf keine Systematik aufweisen, die auf eine ungeeignete Bemessung hindeutet.

4.4.2 Kriterien für das Ventil als Ganzes

Ein Versagen der oder ein äußerer Überschlagn über gemeinsame elektrische Bauteile, die mehr als einem Thyristorplatz des Ventils zugeordnet sind, oder ein Durchschlag in Isolierstoffen, die einen Teil des Ventilgerüsts, der Kühlleitungen, Lichtleiter oder anderer isolierender Teile des Impulsübertragungs- und -verteilungssystems bilden, darf nicht zulässig sein.

Die Oberflächentemperaturen der Komponenten und Leiter ebenso wie die zugeordneten stromführenden Verbindungen und Anschlüsse sowie die Temperatur benachbarter Montageoberflächen müssen zu jeder Zeit innerhalb der zulässigen Grenzen der Auslegung bleiben.

5 Liste der Typprüfungen

Die folgende Tabelle gibt die Typprüfungen in den Abschnitten 6 bis 13 an.

Tabelle 2: Liste der Typprüfungen

Typprüfung	Abschnitt	Prüfobjekt
Gleichspannungsprüfung der Ventilbasis	6.3.1	Ventilbasis
Wechselspannungsprüfung der Ventilbasis	6.3.2	Ventilbasis
Schaltstoßspannungsprüfung der Ventilbasis	6.3.3	Ventilbasis
Blitzstoßspannungsprüfung der Ventilbasis	6.3.4	Ventilbasis
Gleichspannungsprüfung des Mehrfachventils (MVU)	7.3.1	Mehrfachventil (MVU)
Wechselspannungsprüfung des Mehrfachventils (MVU)	7.3.2	Mehrfachventil (MVU)
Schaltstoßspannungsprüfung des Mehrfachventils (MVU)	7.3.3	Mehrfachventil (MVU)
Blitzstoßspannungsprüfung des Mehrfachventils (MVU)	7.3.4	Mehrfachventil (MVU)
Gleichspannungsprüfung des Ventils	8.3.1	Ventil
Wechselspannungsprüfung des Ventils	8.3.2	Ventil
Schaltstoßspannungsprüfung des Ventils	8.3.4	Ventil
Blitzstoßspannungsprüfung des Ventils	8.3.5	Ventil
Steilstoßspannungsprüfung des Ventils	8.3.6	Ventil
Prüfung des Ventils mit nichtperiodischer Zündung	8.4	Ventil
Prüfung der höchsten Dauerbelastung	9.3.1	Ventil oder Ventilabschnitt
Prüfung der höchsten Kurzzeitbelastung ($\alpha = 90^\circ$)	9.3.2	Ventil oder Ventilabschnitt
Prüfungen bei der kleinsten Wechselspannung	9.3.3	Ventil oder Ventilabschnitt
Prüfung mit kurzzeitiger Unterspannung	9.3.4	Ventilabschnitt
Prüfungen mit Lückstrom	9.3.5	Ventil oder Ventilabschnitt
Prüfungen mit transientser Vorwärtsspannung während der Freiwerdezeit	10	Ventil oder Ventilabschnitt
Einwellenkurzschlußstromprüfung mit wiederkehrender Vorwärtsspannung	11.3.1	Ventil oder Ventilabschnitt
Mehrwellenkurzschlußstromprüfung ohne wiederkehrende Vorwärtsspannung	11.3.2	Ventil oder Ventilabschnitt
Prüfungen der Unempfindlichkeit des Ventils gegen elektromagnetische Störungen	12	Ventil oder Ventilabschnitt
Prüfung besonderer Eigenschaften	13	Ventil oder Ventilabschnitt

6 Dielektrische Prüfungen an der Ventilbasis

6.1 Zweck der Prüfungen

Die hauptsächlichen Ziele dieser Prüfungen sind:

- a) die Spannungsfestigkeit der Isolation der Ventilbasis, der Kühlleitungen, der Lichtleiter und anderer isolierender Komponenten, die der Ventilbasis zugeordnet sind, zu überprüfen; wenn es eine andere Isolation gegen Erde als die der Ventilbasis gibt, können zusätzliche Prüfungen notwendig sein;
- b) nachzuweisen, daß die Teilentladungs-Einsetz- und -Aussetzspannungen oberhalb der maximalen an der Ventilbasis auftretenden Betriebsspannung liegen.

ANMERKUNG: Abhängig von der Anwendung kann es möglich sein, mittels einer Vereinbarung zwischen Käufer und Lieferant, einige der Prüfungen wegzulassen.

6.2 Prüfobjekt

Die für die Prüfungen zu verwendende Ventilbasis kann ein repräsentatives eigenständiges Objekt einschließlich der Nachbildung der angrenzenden Teile des Ventils sein oder kann einen Teil der für Einzelventile oder Mehrfach-