

	DIN IEC 61954 (VDE 0553-100)	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	Entwurf	Einsprüche bis 2010-02-28 Vorgesehen als Ersatz für DIN EN 61954 (VDE 0553-100):2004-01
Leistungselektronik für Übertragungs- und Verteilungsnetze – Prüfung von Thyristorventilen für statische Blindleistungskompensatoren (IEC 22F/197/CD:2009) Power electronics for electrical transmission and distribution systems – Testing of thyristor valves for static VAR compensators (IEC 22F/197/CD:2009) Electronique de puissance pour les réseaux électriques de transport et de distribution – Essais des valves à thyristors pour les compensateurs statiques d'énergie réactive (CEI 22F/197/CD:2009) Anwendungswarnvermerk Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2009-12-14 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren. Stellungnahmen werden erbeten – vorzugsweise als Datei per E-Mail an dke@vde.com in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden – oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main. Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen. Gesamtumfang 45 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen.....	7
3 Begriffe.....	7
4 Allgemeine Anforderungen an Typprüfungen, Abnahmeprüfungen und unverbindliche Prüfungen	8
4.1 Zusammenfassung der Prüfungen	8
4.2 Zweck der Prüfungen.....	10
4.2.1 Isolationsprüfungen	10
4.2.2 Funktionsprüfungen.....	10
4.2.3 Prüfungen für elektromagnetische Störungen.....	11
4.2.4 Abnahmeprüfungen	11
4.2.5 Unverbindliche Prüfungen	11
4.3 Richtlinie für die Durchführung von Typprüfungen und unverbindlichen Prüfungen	11
4.4 Prüfbedingungen.....	12
4.4.1 Allgemeines	12
4.4.2 Ventiltemperatur bei der Prüfung.....	13
4.4.3 Redundante Thyristorplätze.....	13
4.5 Zulässige Bauelementeausfälle bei der Typprüfung	14
4.6 Dokumentation der Prüfergebnisse	15
4.6.1 Anzufertigende Prüfberichte	15
4.6.2 Inhalt eines Typprüfberichtes.....	15
5 Typprüfungen an TCR- und TSR-Ventilen	15
5.1 Isolationsprüfungen zwischen Ventilanschlüssen und Erdpotential	15
5.1.1 Wechselspannungsprüfung	16
5.1.2 Blitzstoßspannungsprüfung	16
5.2 Isolationsprüfungen zwischen Ventilen (nur MVU).....	17
5.2.1 Wechselspannungsprüfung	17
5.2.2 Blitzstoßspannungsprüfung	18
5.3 Isolationsprüfungen zwischen Ventilanschlüssen	18
5.3.1 Wechselspannungsprüfung	18
5.3.2 Schaltstoßspannungsprüfung	20
5.4 Funktionsprüfungen	21
5.4.1 Prüfung mit periodischer Zündung und Löschung.....	21
5.4.2 Prüfung der Mindestwechselspannung	23
5.4.3 Erwärmungsprüfung	23
6 Typprüfungen an TSC-Ventilen	24
6.1 Isolationsprüfungen zwischen Ventilanschlüssen und Erdpotential	24
6.1.1 Wechselspannungs-Gleichspannungsprüfung	24

	Seite
6.1.2 Blitzstoßspannungsprüfung	26
6.2 Isolationsprüfungen zwischen Ventilen (nur für MVU)	26
6.2.1 Wechsellspannungs-Gleichspannungsprüfung	26
6.2.2 Blitzstoßspannungsprüfung	29
6.3 Isolationsprüfungen zwischen Ventilanschlüssen	29
6.3.1 Wechsellspannungs-Gleichspannungsprüfung	29
6.3.2 Schaltstoßspannungsprüfung	31
6.4 Funktionsprüfungen	32
6.4.1 Überstromprüfungen	32
6.4.2 Prüfung der Mindestwechselspannung	34
6.4.3 Erwärmungsprüfung	34
7 Prüfung der elektromagnetischen Störungen	35
7.1 Zweck	35
7.2 Durchführung der Prüfung	35
7.2.1 Schaltstoßspannungsprüfung	35
7.2.2 Prüfung der nichtperiodischen Zündung	36
8 Abnahmeprüfungen	36
8.1 Sichtprüfung	36
8.2 Prüfung der Anschlüsse und Verbindungen	36
8.3 Prüfung der Spannungsteiler-/Dämpfungsstromkreise	36
8.4 Prüfung der Spannungsfestigkeit	36
8.5 Prüfung der Hilfseinrichtungen	37
8.6 Zündprüfung	37
8.7 Prüfung des Kühlsystemdruckes	37
8.8 Teilentladungsprüfungen	37
9 Unverbindliche Prüfungen für TCR- und TSR-Ventile	37
9.1 Überstromprüfung	37
9.1.1 Überstrom mit nachfolgender Blockierung	37
9.1.2 Überstrom ohne Blockierung	38
9.2 Positive Spannungstransiente während der Sperrverzögerungsprüfung	38
9.2.1 Zweck	38
9.2.2 Prüfwerte und Kurvenformen	38
9.2.3 Durchführung der Prüfungen	39
9.3 Prüfung der nichtperiodischen Zündung	39
9.3.1 Zweck	39
9.3.2 Prüfwerte und Kurvenformen	39
9.3.3 Durchführung der Prüfungen	40
10 Unverbindliche Prüfungen an TSC-Ventilen	41
10.1 Positive Spannungstransiente während der Sperrverzögerungsprüfung	41

	Seite
10.1.1 Prüfzweck	41
10.1.2 Prüfwerte und Kurvenformen.....	41
10.1.3 Durchführung der Prüfungen	41
10.2 Prüfung der nichtperiodischen Zündung.....	41
10.2.1 Zweck.....	41
10.2.2 Prüfwerte und Kurvenformen.....	42
10.2.3 Durchführung der Prüfungen	43
Bild 1 – TSC-Zweig	43
Bild 2 – Einschleifen-Überstrom.....	44
Bild 3 – Zweischleifen-Überstrom	45
Tabelle 1 – Verzeichnis der Prüfungen	9
Tabelle 2 – Anzahl der Thyristorplätze, die während der Typprüfungen ausfallen dürfen	14

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 22F/197/CD:2009 „Power electronics for electrical transmission and distribution systems – Testing of thyristor valves for static VAR compensators“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Das internationale Dokument wurde vom SC 22F „Power electronics for electrical transmission and distribution systems“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium K 331 „Leistungselektronik“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 61954 (VDE 0553-100):2004-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) das gesamte Schriftstück wurde nach den gültigen ISO/IEC-Direktiven Teil 3 umgeschrieben;
- b) die Normativen Verweisungen wurden aktualisiert;
- c) das Corrigendum von 1999 wurde eingearbeitet.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

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.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60060 (alle Teile)	IEC 60060 (alle Teile)	DIN EN 60060 (VDE 0432) (alle Teile)	VDE 0432 (alle Teile)
HD 588.1 S1	IEC 60060-1	DIN IEC 60060-1 (VDE 0432-1)	VDE 0432-1
EN 60060-2	IEC 60060-2	DIN EN 60060-2 (VDE 0432-2)	VDE 0432-2
EN 60071 (alle Teile)	IEC 60071 (alle Teile)	DIN EN 60071 (VDE 0111) (alle Teile)	VDE 0111 (alle Teile)
EN 60071-1	IEC 60071-1	DIN EN 60071-1 (VDE 0111-1)	VDE 0111-1
EN 60700-1	IEC 60700-1	DIN EN 60700-1 (VDE 0553-1)	VDE 0553-1
EN 60270	IEC 60270	DIN EN 60270 (VDE 0434)	VDE 0434

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

Normen der Reihe DIN EN 60060 (VDE 0432), *Hochspannungs-Prüftechnik*

DIN EN 60060-2 (VDE 0432-2), *Hochspannungs-Prüftechnik – Teil 2: Messsysteme*

Normen der Reihe DIN EN 60071 (VDE 0111), *Isolationskoordination*

DIN EN 60071-1 (VDE 0111-1), *Isolationskoordination – Teil 1: Begriffe, Grundsätze und Anforderungen*

DIN EN 60700-1 (VDE 0553-1), *Thyristorventile für Hochspannungsgleichstrom-Energieübertragung (HGÜ) – Teil 1: Elektrische Prüfung*

DIN EN 60270 (VDE 0434), *Hochspannungs-Prüftechnik – Teilentladungsmessungen*

DIN IEC 60060-1 (VDE 0432-1), *Hochspannungs-Prüftechnik – Teil 1: Allgemeine Festlegungen und Prüfbedingungen*

Leistungselektronik für Übertragungs- und Verteilungsnetze – Prüfung von Thyristorventilen für statische Blindleistungskompensatoren

1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Internationale Norm gibt den Typ, die Herstellung und unverbindliche Prüfungen von Thyristorventilen an, die in thyristorgesteuerten Drosseln (TCR – Thyristor Controlled Reactors), thyristorgeschalteten Drosseln (TSR – Thyristor Switched Reactors) und thyristorgeschalteten Kondensatoren (TSC – Thyristor Switched Capacitors), die einen Teil von statischen Blindleistungskompensatoren (SVC – Static VAR Compensators) für Anwendungen in Starkstromnetzen bilden, verwendet werden. Die Anforderungen der Norm gelten sowohl für Einzelventil-Baueinheiten (eine Phase) als auch für Mehrventil-Baueinheiten (mehrere Phasen).

Die Abschnitte 4 bis 7 beschreiben die Typprüfungen, d. h. Prüfungen, die ausgeführt werden, um nachzuweisen, dass die Ventilbauart die festgelegten Anforderungen erfüllt. Abschnitt 8 enthält Abnahmeprüfungen, die zum Nachweis der richtigen Herstellung ausgeführt werden. Die Abschnitte 9 und 10 beschreiben unverbindliche Prüfungen, d. h. Prüfungen, die zusätzlich zu Typprüfungen und Abnahmeprüfungen durchgeführt werden können.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente 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 60060 (alle Teile), *High-voltages test techniques*

IEC 60060-1, *High-voltages test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60060-2:1994, *High-voltages test techniques – Part 2: Measuring systems*

IEC 60071 (alle Teile), *Insulation co-ordination*

IEC 60071-1, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60270, *Partial discharge measurements*

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Thyristorplatz

Teil eines Thyristorventils, bestehend aus einem Thyristor oder parallel oder antiparallel geschalteten Thyristoren und deren unmittelbar zugeordneten Hilfseinrichtungen und der gegebenenfalls vorhandenen Drosselspule

3.2

Thyristor(serien)kette

in Reihe geschaltete Thyristoren, die eine Richtung des Thyristorventils bilden

3.3

Ventildrossel

Drossel, die in einigen Ventilen zur Begrenzung der Spannungsbeanspruchungen enthalten ist. Zu Prüfzwecken wird sie als Bestandteil des Ventils angesehen

3.4

Ventilabschnitt

elektrische Baugruppe, bestehend aus einer Anzahl Thyristoren und weiteren Bauelementen, die dieselben elektrischen Eigenschaften aufweisen wie das vollständige Thyristorventil, jedoch nur einen Teil der vollständigen Spannungssperrfähigkeit des Thyristorventils hat und für Prüfungen verwendet werden kann

3.5

Thyristorventil

elektrisch und mechanisch zusammengefasste Baugruppe aus Thyristorplätzen, vollständig mit allen Verbindungen, Hilfsbauelementen und mechanischen Aufbauten, die mit jeder Phase der Drossel oder des Kondensators eines SVC in Reihe geschaltet werden kann

3.6

Ventilaufbau

physikalischer Aufbau, der die Ventile auf dem entsprechenden Pegel über dem Erdpotential und gegeneinander isoliert

3.7

Ventilfußpunktelektronik

VBE – Valve Base Electronics

Elektronikbaueinheit auf Erdpotential, die die Schnittstelle zwischen dem Steuerungssystem des statischen Blindleistungskompensators und den Thyristorventilen ist

3.8

Mehrfachventil

MVU – Multiple Valve Unit

Baugruppe aus mehreren Ventilen mit demselben physikalischen Aufbau, die für Prüfzwecke nicht getrennt werden kann (z. B. Drehstromventile)

3.9

redundante Thyristorplätze

maximale Anzahl der Thyristorplätze in dem Thyristorventil, die von außen oder intern während des Betriebes kurzgeschlossen werden können, ohne den mit Typprüfungen nachgewiesenen sicheren Betrieb des Thyristorventils zu beeinflussen, und die, wenn und wann sie überschritten werden, entweder die Abschaltung des Thyristorventils erfordern würden, um die ausgefallenen Thyristoren auszuwechseln, oder die Akzeptanz eines erhöhten Ausfallrisikos bedeutet

3.10

Schutz gegen Spannungsdurchbruch

VBO – Voltage Breakover

Mittel zum Schutz der Thyristoren vor übermäßiger Spannung, indem sie bei einer vorbestimmten Spannung gezündet werden

4 Allgemeine Anforderungen an Typprüfungen, Abnahmeprüfungen und unverbindliche Prüfungen

4.1 Zusammenfassung der Prüfungen

Die nachstehende Tabelle verzeichnet die in den nachfolgenden Abschnitten angegebenen Prüfungen.

Tabelle 1 – Verzeichnis der Prüfungen

Prüfung	Abschnitt		Prüfgegenstand
	TCR/TSR	TSC	
Isolationsprüfungen zwischen Ventilanschlüssen und Erdpotential (Typprüfungen)			
Wechselspannungsprüfung	5.1.1		Ventil
Wechselspannungs-Gleichspannungsprüfung		6.1.1	Ventil
Blitzstoßspannungsprüfung	5.1.2	6.1.2	Ventil
Isolationsprüfungen zwischen Ventilen (nur MVU) (Typprüfungen)			
Wechselspannungsprüfung	5.2.1		MVU
Wechselspannungs-Gleichspannungsprüfung		6.2.1	MVU
Blitzstoßspannungsprüfung	5.2.2	6.2.2	MVU
Isolationsprüfungen zwischen Ventilanschlüssen (Typprüfungen)			
Wechselspannungsprüfung	5.3.1		Ventil
Wechselspannungs-Gleichspannungsprüfung		6.3.1	Ventil
Schaltstoßspannungsprüfung	5.3.2	6.3.2	Ventil
Funktionsprüfungen (Typprüfungen)			
Prüfung mit periodischer Zündung und Löschung	5.4.1		Ventil oder Ventilabschnitt
Überstromprüfung		6.4.1	Ventil oder Ventilabschnitt
Prüfung der Mindestwechselspannung	5.4.2	6.4.2	Ventil oder Ventilabschnitt
Erwärmungsprüfung	5.4.3	6.4.3	Ventil oder Ventilabschnitt
Prüfung der elektromagnetischen Störungen (Typprüfungen)			
Schaltstoß-Spannungsprüfung	7.2.1	7.2.1	Ventil
Prüfung mit nichtperiodischen Zündimpulsen	7.2.2	7.2.2	Ventil
Abnahmeprüfungen			
Sichtprüfung	8.1	8.1	
Verbindungsprüfung	8.2	8.2	
Prüfung der Spannungsteilerstromkreise	8.3	8.3	
Prüfung der Spannungsfestigkeit	8.4	8.4	
Prüfung der Hilfsausrüstungen	8.5	8.5	
Zündprüfung	8.6	8.6	
Prüfung des Kühlsystemdruckes	8.7	8.7	
Unverbindliche Prüfungen			
Überstromprüfung	9.1		Ventil oder Ventilabschnitt
Positive Spannungstransiente während der Sperrverzögerungsprüfung	9.2	10.1	Ventil oder Ventilabschnitt
Prüfung mit nichtperiodischen Zündimpulsen	9.3	10.2	Ventil

4.2 Zweck der Prüfungen

Die beschriebenen Prüfungen gelten für das Ventil (den Ventilabschnitt), den Ventilaufbau und jene Teile des Kühlmittelverteilungssystems sowie der Zünd- und Überwachungsstromkreise, die im Ventilaufbau enthalten sind oder zwischen den Ventilaufbau und das Erdpotential geschaltet sind. Andere Ausrüstungen wie die Ventilsteuerung, der Ventilschutz und die Ventilaufbauelektronik können für den Nachweis der richtigen Arbeitsweise des Ventils während der Prüfung von Bedeutung sein, sind jedoch nicht selbst Gegenstand der Prüfungen.

4.2.1 Isolationsprüfungen

Es sind Prüfungen für die nachfolgenden Spannungsbeanspruchungen festgelegt:

- Wechselspannung;
- kombinierte Wechsel- und Gleichspannung (nur TSC);
- Stoßspannungen.

Im Interesse der Normung mit anderen Ausrüstungen sind Blitzstoßspannungsprüfungen zwischen Ventilanschlüssen und Erdpotential und bei MVU auch zwischen den Ventilen enthalten. Für Prüfungen zwischen Ventilanschlüssen ist als Stoßspannungsprüfung nur eine Schaltstoßspannungsprüfung festgelegt.

4.2.1.1 Prüfungen am Ventilaufbau

Die Prüfungen sind für die Anforderungen an die Spannungsfestigkeit zwischen einem Ventil (mit kurzgeschlossenen Anschlüssen) und Erdpotential und auch zwischen den Ventilen für MVU angegeben. Die Prüfungen müssen nachweisen, dass:

- ausreichend bemessene Luftstrecken vorgesehen wurden, um einen Überschlag zu verhindern;
- keine zerstörende Entladung in der Isolierung des Ventilaufbaus, in den Kühlkanälen, Lichtwellenleitern und anderen Isolierteilen der Impulsübertragungs- und -verteilungssysteme auftritt;
- Teilentladungsanfangs- und -löschspannungen unter Wechsel- und Gleichstrombedingungen oberhalb der höchsten Dauerbetriebsspannung, die am Ventilaufbau auftritt, liegen.

4.2.1.2 Prüfungen zwischen Ventilanschlüssen

Der Zweck dieser Prüfung ist, die Fähigkeit der Bauart des Ventils nachzuweisen, Überspannungen zwischen den Anschlüssen zu widerstehen. Die Prüfungen müssen nachweisen, dass:

- eine ausreichende innere Isolierung vorgesehen wurde, so dass das Ventil festgelegten Spannungen widerstehen kann;
- Teilentladungsanfangs- und -löschspannungen unter Wechsel- und Gleichstrombedingungen oberhalb der höchsten Dauerbetriebsspannung, die am Ventil auftritt, liegen;
- das Schutzsystem der Überspannungszündung (sofern vorhanden) wie vorgesehen arbeitet;
- die Thyristoren ein entsprechendes du/dt -Verhalten für die Betriebsbedingungen haben. (In den meisten Fällen sind die festgelegten Prüfungen ausreichend, in manchen Ausnahmefällen können jedoch zusätzliche Prüfungen erforderlich sein).

4.2.2 Funktionsprüfungen

Der Zweck dieser Prüfungen ist, die Funktion der Ventilbauart für zusammenwirkende Spannungs- und Strombeanspruchungen sowohl unter bestimmungsgemäßen und wiederholten außergewöhnlichen Bedingungen als auch unter transienten Fehlerbedingungen zu bestätigen. Sie müssen nachweisen, dass:

- das Ventil richtig arbeitet;
- die Spannungs- und Strombeanspruchungen beim Ein- und Ausschalten innerhalb der Leistungsfähigkeit der Thyristoren und anderen inneren Stromkreise liegen;
- die vorgesehene Kühlung ausreichend und kein Bauelement überhitzt ist;
- das Vermögen des Ventils, Überströmen zu widerstehen, ausreichend ist.

4.2.3 Prüfungen für elektromagnetische Störungen

Der Hauptzweck dieser Prüfungen ist, die Störfestigkeit des Ventils gegen elektromagnetische Störungen, die vom Ventil selbst erzeugt werden oder von außen einwirken, nachzuweisen. Im Allgemeinen wird die Störfestigkeit gegen elektromagnetische Störungen durch Überwachung des Ventils während anderer Prüfungen nachgewiesen.

4.2.4 Abnahmeprüfungen

Der Zweck der Prüfungen ist, die richtige Herstellung zu bestätigen. Die Abnahmeprüfungen müssen nachweisen, dass:

- alle im Ventil verwendeten Werkstoffe, Bauelemente und Teilbaugruppen richtig eingebaut wurden;
- die beabsichtigten Funktionen der Ventilausrüstung erreicht werden und die vorgegebenen Parameter innerhalb der vorgeschriebenen Annahmegrenzen liegen;
- Thyristorplätze und das Ventil oder die Ventilabschnitte die erforderliche Spannungsfestigkeit haben;
- die Übereinstimmung und Gleichmäßigkeit der Herstellung erreicht ist.

4.2.5 Unverbindliche Prüfungen

Unverbindliche Prüfungen sind zusätzliche Prüfungen, die nach Vereinbarung zwischen Käufer und Lieferant ausgeführt werden dürfen. Der Zweck ist derselbe wie für die Funktionsprüfungen nach 4.2.2.

4.3 Richtlinie für die Durchführung von Typprüfungen und unverbindlichen Prüfungen

Es müssen nachfolgende Grundsätze gelten:

- Typprüfungen müssen an mindestens einem Ventil oder an einer entsprechenden Anzahl von Ventilabschnitten wie in Tabelle 1 (4.1) angegeben durchgeführt werden, um nachzuweisen, dass die Ventilausbauart den festgelegten Anforderungen genügt. Alle Typprüfungen müssen an demselben (denselben) Ventil(en) oder Ventilabschnitt(en) durchgeführt werden.
- Unter der Voraussetzung, dass ein Ventil nachweisbar einem zuvor geprüften ähnlich ist, darf der Lieferant anstelle der Typprüfung einen zertifizierten Prüfbericht zu einer vorhergehenden Typprüfung vorlegen, die mindestens den im Vertrag festgelegten Anforderungen entspricht.
- Bei Typprüfungen, die an Ventilabschnitten durchgeführt werden, muss die Gesamtanzahl der Thyristorplätze, die solchen Typprüfungen unterworfen werden, mindestens der Anzahl der Thyristorplätze in einem Ventil entsprechen.
- Das (die) für Typprüfungen verwendete(n) Ventil oder Ventilabschnitte muss (müssen) zuerst alle Abnahmeprüfungen bestehen. Nach Abschluss des Typprüfprogramms muss (müssen) das Ventil oder die Ventilabschnitte erneut auf Übereinstimmung mit den Kriterien der Abnahmeprüfung überprüft werden.
- Werkstoffe für Typprüfungen dürfen zufällig ausgewählt werden.
- Die Isolationsprüfungen müssen, soweit anwendbar, IEC 60060-1 und IEC 60060-2 entsprechen.
- Einzelne Prüfungen dürfen in beliebiger Reihenfolge durchgeführt werden.

ANMERKUNG Prüfungen, die Teilentladungsmessungen einschließen, können ein erhöhtes Vertrauen liefern, wenn sie am Ende des Isolationstypprüfprogramms durchgeführt werden.

4.4 Prüfbedingungen

4.4.1 Allgemeines

Isolationsprüfungen müssen an vollständig zusammengebauten Ventilen durchgeführt werden, wogegen einige Funktionsprüfungen entweder an vollständigen Ventilen oder an Ventilabschnitten ausgeführt werden dürfen. Prüfungen, die an Ventilabschnitten ausgeführt werden dürfen, sind in 4.1 gekennzeichnet.

4.4.1.1 Prüflinge für die Isolationsprüfungen

Das Ventil muss mit allen Hilfselementen versehen sein, außer Ventil-Überspannungsableitern, sofern diese verwendet werden. Falls nicht anders festgelegt, muss die Ventilelektronik gespeist werden. Besonders die Kühl- und Isolierflüssigkeiten müssen in einem Zustand sein, der Betriebsbedingungen darstellt, wie z. B. die Leitfähigkeit, außer denen für die Durchflussgeschwindigkeit und den Frostschutzmittelgehalt, die verringert werden können. Falls irgendein Gegenstand oder eine Einrichtung außerhalb des Aufbaus für die richtige Darstellung der Beanspruchungen während der Prüfung erforderlich ist, muss er (sie) bei der Prüfung vorhanden sein oder nachgebildet werden. Metallene Teile des Ventilaufbaus (oder andere Ventile in einer MVU), die nicht an der Prüfung teilnehmen, müssen in solch einer Weise kurzgeschlossen und mit Erdpotential verbunden werden, wie es für die in Frage kommende Prüfung geeignet ist.

4.4.1.2 Korrektur für atmosphärische Bedingungen

Wenn es im entsprechenden Abschnitt festgelegt ist, muss die Korrektur für atmosphärische Bedingungen für die Prüfspannungen nach IEC 60060-1 angewendet werden. Die Bezugsbedingungen wofür die Korrektur vorzunehmen ist, sind die folgenden:

– Luftdruck:

Wenn die Isolationskoordination des geprüften Teils des Thyristorventils auf den genormten Bemessungs-Stoßspannungen nach IEC 60071-1 beruht, gelten die Korrekturfaktoren nur für Höhenlagen über 1 000 m. Wenn also die Standorthöhe a_s , an der die Ausrüstung zu errichten ist, weniger als 1 000 m beträgt, dann ist der normale atmosphärische Luftdruck ($b_0 = 101,3$ kPa) ohne eine Höhenkorrektur anzuwenden. Ist $a_s > 1\,000$ m, dann ist das Standardverfahren nach IEC 60060-1 anzuwenden, mit der Ausnahme, dass der Bezugsluftdruck b_0 durch den entsprechenden Luftdruck in einer Höhe von 1 000 m (b_{1000m}) ersetzt wird.

Wenn die Isolationskoordination des geprüften Teils des Thyristorventils nicht auf den genormten Bemessungs-Stoßspannungen nach IEC 60071-1 beruht, dann ist das Standardverfahren nach IEC 60060-1 mit dem Bezugsluftdruck b_0 ($b_0 = 101,3$ kPa) anzuwenden.

– Temperatur:

Auslegungswert der höchsten Ventilhallen-Lufttemperatur (°C)

– Luftfeuchte:

Auslegungswert der niedrigsten absoluten Feuchte in der Ventilhalle (g/m^3)

Die anzuwendenden Werte müssen vom Lieferanten festgelegt werden.

Wo nicht genormte Prüfstufen von der vorliegenden Norm festgelegt werden, gilt, wo angegeben, ein Luft-dichte-Korrekturfaktor k_d für den Einbauort, der nachfolgend angegeben ist.

Der Wert von k_d muss nach folgender Gleichung bestimmt werden:

$$k_d = \frac{b_1}{b_2} \times \frac{273 + T_2}{273 + T_1}$$

Dabei ist

b_1 der im Laboratorium herrschende Luftdruck, Pa;

T_1 die Umgebungstemperatur im Laboratorium, °C;

b_2 der Luftdruck des Normreferenzklimas von 101,3 kPa (d. h. 1 013 mbar), korrigiert auf die Höhe des Prüfortes, an dem die Ausrüstung installiert ist;

T_2 der Auslegungswert der höchsten Ventilhallen-Lufttemperatur, °C.

Die Korrekturfaktoren sollten weder für die Isolationsprüfungen zwischen den Ventilanschlüssen noch für die Isolationsdauerprüfungen angewendet werden, deren Hauptzweck die Überprüfung der inneren Isolierung und von Teilentladungen ist.

4.4.1.3 Funktionsprüfungen

Die Prüfungen sollten, sofern möglich, an einem vollständigen Thyristorventil durchgeführt werden. Andernfalls dürfen die Prüfungen an Thyristorventilabschnitten durchgeführt werden. Die Auswahl ist hauptsächlich abhängig von der Ausführung des Thyristorventils und den zur Verfügung stehenden Prüfeinrichtungen. Wenn Prüfungen an Thyristorventilabschnitten empfohlen werden, dann sind die in dieser Norm festgelegten Prüfungen gültig für Thyristorventilabschnitte, die fünf oder mehr in Reihe geschaltete Thyristorplätze besitzen. Zusätzliche Sicherheitsfaktoren müssen vereinbart werden, wenn Prüfungen an Thyristorventilabschnitten mit weniger als fünf Thyristorplätzen empfohlen werden. Die Anzahl der in einem Thyristorventilabschnitt in Reihe geschalteten Thyristorplätze darf in keinem Fall kleiner als drei sein.

Manchmal dürfen Funktionsprüfungen bei einer Netzfrequenz durchgeführt werden, die von der Betriebsfrequenz abweicht, z. B. 50 Hz anstelle von 60 Hz. Einige Betriebsbeanspruchungen, wie z. B. Schaltverluste oder das Stromintegral I^2t des Kurzschlussstromes, werden während der Prüfung durch die tatsächliche Netzfrequenz beeinflusst. Wenn diese Situation auftritt, müssen die Prüfbedingungen überprüft und entsprechende Änderungen vorgenommen werden, um sicherzustellen, dass die Ventilbeanspruchungen mindestens so groß wie diejenigen sind, die auftreten würden, wenn die Prüfungen bei der Betriebsfrequenz durchgeführt werden.

Das Kühlmittel muss in einem Zustand sein, der für die Betriebsbedingungen repräsentativ ist. Besonders der Durchfluss und die Temperatur müssen auf die ungünstigsten Werte eingestellt werden, die für die in Frage kommende Prüfung zutreffen. Der Frostschutzmittelgehalt sollte vorzugsweise den Betriebsbedingungen entsprechen; wo dies jedoch praktisch nicht möglich ist, muss ein zwischen dem Lieferant und dem Käufer vereinbarter Korrekturfaktor angewendet werden.

4.4.2 Ventiltemperatur bei der Prüfung

4.4.2.1 Ventiltemperatur bei Isolationsprüfungen

Falls nicht anders festgelegt, müssen Prüfungen bei Raumtemperatur durchgeführt werden.

4.4.2.2 Ventiltemperatur bei Funktionsprüfungen

Falls nicht anders festgelegt, müssen Prüfungen unter den Bedingungen ausgeführt werden, die die höchste Bauelementetemperatur erzeugen, die im wirklichen Betrieb auftreten darf.

Falls mehrere Bauelemente mit einer Prüfung bestätigt werden müssen, kann es erforderlich sein, dieselbe Prüfung unter verschiedenen Bedingungen auszuführen.

4.4.3 Redundante Thyristorplätze

4.4.3.1 Isolationsprüfungen

Alle Isolationsprüfungen an einem vollständigen Ventil müssen mit kurzgeschlossenen redundanten Thyristorplätzen ausgeführt werden, außer es ist anders angegeben.

4.4.3.2 Funktionsprüfungen

Bei Funktionsprüfungen sollten redundante Thyristorplätze nicht kurzgeschlossen werden. Die Prüfspannungen und Schaltungsimpedanzen müssen mit dem Skalierungsfaktor k_n eingestellt werden.

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

Dabei ist

N_{tot} die Anzahl der in Reihe geschalteten Thyristorplätze im Prüfobjekt.

N_t die Anzahl der in Reihe geschalteten Thyristorplätze im Thyristorventil.

N_r die Anzahl der redundanten in Reihe geschalteten Thyristorplätze im Prüfobjekt.

ANMERKUNG In Thyristorventilen mit geringer Anzahl von Thyristorplätzen, bei denen die Redundanz ein signifikanter Teil des Gesamten ist, kann dies bei bestimmten Ventilbauelementen zu Überbeanspruchung führen. Als Alternative ist es deshalb annehmbar, die Funktionsprüfung mit kurzgeschlossenen Thyristorplätzen und ohne Skalierung der Prüfspannungen und Impedanzen durch k_n durchzuführen.

4.5 Zulässige Bauelementeausfälle bei der Typprüfung

Erfahrungen in der Industrie zeigen, dass es selbst bei den sorgfältigsten Ventilkonstruktionen nicht möglich ist, vereinzelte zufällige Ausfälle von Thyristorplatzbauteilen während des Betriebes zu vermeiden. Selbst wenn einige der Ausfälle beanspruchungsbezogen sein können, werden sie bis zu dem Umfang als zufällig betrachtet, dass die Ursache des Ausfalls oder die Beziehung zwischen der Ausfallrate und der Beanspruchung nicht vorhergesagt werden kann oder einer präzisen quantitativen Beschreibung nicht zugänglich ist. Bei den Typprüfungen werden Ventile oder Ventilabschnitte innerhalb einer kurzen Dauer mehreren Beanspruchungen ausgesetzt, die im Allgemeinen den ungünstigsten Beanspruchungen entsprechen, die von der Ausrüstung nicht öfter als einige Male während der Lebensdauer des Ventils aufgenommen werden. Die nachfolgend beschriebenen Kriterien für eine erfolgreiche Typprüfung, unter Berücksichtigung des Vor genannten, lassen deshalb eine begrenzte Anzahl von Thyristorplätzen zu, die unter der Voraussetzung bei der Typprüfung ausfallen dürfen, dass die Ausfälle im Wesentlichen zufällig sind und kein Muster aufweisen, welches auf eine unzulängliche Auslegung hinweist.

Die Ventile oder Ventilabschnitte müssen vor jeder Prüfung, nach allen vorangehenden Kalibrierprüfungen und wieder nach jeder Typprüfung überprüft werden, um zu bestimmen, ob ein Thyristor oder Hilfsbauelement während der Prüfung ausgefallen ist. Thyristoren oder Hilfsbauelemente, die am Ende einer Typprüfung ausgefallen sind, müssen vor der weiteren Prüfung eines Ventils ausgetauscht werden.

Es ist zulässig, dass ein Thyristorplatz durch Kurzschluss in irgendeiner Typprüfung ausfällt. Falls nach einer Typprüfung ein Thyristorplatz kurzgeschlossen ist, muss der ausgefallene Thyristorplatz repariert und diese Typprüfung wiederholt werden (siehe IEC 60700-1, Änderung 1, 4.1.1.b)). In der nachfolgenden Tabelle ist die Gesamtanzahl der Thyristorplätze angegeben, die während aller Prüfungen ausfallen dürfen.

Tabelle 2 – Anzahl der Thyristorplätze, die während der Typprüfungen ausfallen dürfen

Anzahl der Thyristorplätze in einem vollständigen Ventil	Anzahl der Thyristorplätze, die durch Kurzschluss in einer beliebigen Bauart ausfallen dürfen	Gesamtanzahl der Thyristorplätze, die durch Kurzschluss bei allen Typprüfungen ausfallen dürfen	Zusätzliche Anzahl von Thyristorplätzen, deren Ausfall bei allen Typprüfungen zulässig ist, jedoch nicht kurzgeschlossen wurden
< 34	1	2	2
34 < n < 68	1	3	3
68 < n < 101	1	4	4