

	DIN EN 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 29.240.99; 31.080.20

Einsprüche bis 2021-12-08

Entwurf

Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 61954
(VDE 0553-100):2018-01

**Statische Blindleistungskompensatoren (SVC) –
 Prüfung von Thyristorventilen
 (IEC 22F/608/CDV:2021);
 Deutsche und Englische Fassung prEN IEC 61954:2021**

Static var compensators (SVC) –
 Testing of thyristor valves
 (IEC 22F/608/CDV:2021);
 German and English version prEN IEC 61954:2021

Compensateurs statiques de puissance réactive (SVC) –
 Essais des valves à thyristors
 (IEC 22F/608/CDV:2021);
 Version allemande et anglaise prEN IEC 61954:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-10-08 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 88 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments prEN IEC 61954:2021-02 „Statische Blindleistungskompensatoren (SVC) – Prüfung von Thyristorventilen“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (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. Dem entsprechend ist das internationale Dokument IEC 22F/608/CDV:2021-02 „Static var compensators (SVC) – Testing of thyristor valves“ unverändert in den Entwurf prEN IEC 61954:2021-02 übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des IEC-CDV entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

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

Bei der Abstimmung zu dem Europäischen Schluss-Entwurf bei CENELEC und dem Internationalen Schluss-Entwurf bei IEC [Final Draft International Standard (FDIS)] sind jeweils nur „JA/NEIN“-Entscheidungen möglich, wobei „NEIN“-Entscheidungen fundiert begründet werden müssen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

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

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE (www.dke.de) und DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

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.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

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

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 61954 (VDE 0553-100):2018-01** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Wichtige Klarstellungen erfolgten in 4.4.1.2, 5.1.2.2, 5.1.3.2, 5.2.3.2, 6.1.3.2 und 9.3.2.

Statische Blindleistungskompensatoren (SVC) – Prüfung von Thyristorventilen

	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	Allgemeines.....	10
4.2.2	Isolationsprüfungen.....	10
4.2.3	Betriebsprüfungen.....	11
4.2.4	Prüfungen der elektromagnetischen Beeinflussung.....	11
4.2.5	Fertigungsprüfungen.....	11
4.2.6	Wahlfreie Prüfungen.....	11
4.3	Richtlinie für die Durchführung von Typprüfungen und wahlfreien Prüfungen.....	11
4.4	Prüfbedingungen.....	12
4.4.1	Allgemeines.....	12
4.4.2	Ventiltemperatur bei der Prüfung.....	13
4.4.3	Redundante Thyristorplätze.....	14
4.5	Zulässige Ausfälle von Bauteilen bei Typprüfungen.....	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.....	16
5.1	Isolationsprüfungen zwischen Ventilanschlüssen und Erdpotential.....	16
5.1.1	Allgemeines.....	16
5.1.2	Wechselspannungsprüfung.....	16
5.1.3	Blitzstoßspannungsprüfung.....	17
5.2	Isolationsprüfungen zwischen Ventilen (nur MVU).....	17
5.2.1	Allgemeines.....	17
5.2.2	Wechselspannungsprüfung.....	17
5.2.3	Blitzstoßspannungsprüfung.....	18
5.3	Spannungsprüfungen zwischen Ventilanschlüssen.....	19
5.3.1	Allgemeines.....	19
5.3.2	Wechselspannungsprüfung.....	19
5.3.3	Schaltstoßspannungsprüfung.....	21
5.4	Betriebsprüfungen.....	22
5.4.1	Prüfung mit periodischer Zündung und Löschung.....	22
5.4.2	Prüfung der Mindestwechselspannung.....	24

5.4.3	Erwärmungsprüfung.....	24
6	Typprüfungen an TSC-Ventilen.....	25
6.1	Isolationsprüfungen zwischen Ventilanschlüssen und Erdpotential.....	25
6.1.1	Allgemeines.....	25
6.1.2	Wechselspannungs-Gleichspannungs-Prüfung.....	25
6.1.3	Blitzstoßspannungsprüfung.....	27
6.2	Isolationsprüfungen zwischen Ventilen (nur für MVU).....	27
6.2.1	Allgemeines.....	27
6.2.2	Wechselspannungs-Gleichspannungs-Prüfung.....	28
6.2.3	Blitzstoßspannungsprüfung.....	30
6.3	Spannungsprüfungen zwischen Ventilanschlüssen.....	30
6.3.1	Allgemeines.....	30
6.3.2	Wechselspannungs-Gleichspannungs-Prüfung.....	30
6.3.3	Schaltstoßspannungsprüfung.....	32
6.4	Betriebsprüfungen.....	33
6.4.1	Überstromprüfungen.....	33
6.4.2	Prüfung der Mindestwechselspannung.....	37
6.4.3	Erwärmungsprüfung.....	38
7	Prüfungen der elektromagnetischen Beeinflussung.....	38
7.1	Zweck.....	38
7.2	Durchführung der Prüfung.....	38
7.2.1	Allgemeines.....	38
7.2.2	Schaltstoßspannungsprüfung.....	39
7.2.3	Prüfung der nichtperiodischen Zündung.....	39
8	Fertigungsprüfungen.....	39
8.1	Allgemeines.....	39
8.2	Sichtprüfung.....	39
8.3	Prüfung der Anschlüsse und Verbindungen.....	39
8.4	Prüfung der Spannungsteiler-/Dämpfungsstromkreise.....	40
8.5	Prüfung der Spannungsfestigkeit.....	40
8.6	Prüfung der Hilfseinrichtungen.....	40
8.7	Zündprüfung.....	40
8.8	Prüfung des Kühlsystemdruckes.....	40
8.9	Teilentladungsprüfungen.....	40
9	Wahlfreie Prüfungen für TCR- und TSR-Ventile.....	40
9.1	Überstromprüfung.....	40
9.1.1	Überstrom mit nachfolgender Blockierung.....	40
9.1.2	Überstrom ohne Blockierung.....	41
9.2	Positive Spannungstransiente während der Sperrverzögerungsprüfung.....	42
9.2.1	Zweck.....	

9.2.2	Prüfwerte und Kurvenformen.....	42
9.2.3	Durchführung der Prüfungen.....	42
9.3	Prüfung der nichtperiodischen Zündung.....	42
9.3.1	Zweck.....	42
9.3.2	Prüfwerte und Kurvenformen.....	43
9.3.3	Durchführung der Prüfungen.....	44
10	Wahlfreie Prüfungen an TSC-Ventilen.....	44
10.1	Positive Spannungstransiente während der Sperrverzögerungsprüfung.....	44
10.1.1	Prüfzweck.....	44
10.1.2	Prüfwerte und Kurvenformen.....	44
10.1.3	Durchführung der Prüfungen.....	45
10.2	Prüfung der nichtperiodischen Zündung.....	45
10.2.1	Zweck.....	45
10.2.2	Prüfwerte und Kurvenformen.....	45
10.2.3	Durchführung der Prüfungen.....	46
Bilder		
Bild 1	– TSC-Zweig.....	34
Bild 2	– Ein-Halbwellen-Überstrom.....	36
Bild 3	– Zwei-Halbwellen-Überstrom.....	37
Tabellen		
Tabelle 1	– Liste der Prüfungen.....	8
Tabelle 2	– Anzahl der Thyristorplätze, die während der Typprüfungen ausfallen dürfen.....	15

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt Typprüfungen, Abnahmeprüfungen und wahlfreie Prüfungen von Thyristorventilen fest, die in thyristorgesteuerten Drosseln (TCR, en: thyristor controlled reactors), thyristorgeschalteten Drosseln (TSR; en: thyristor switched reactors) und thyristorgeschalteten Kondensatoren (TSC; en: thyristor switched capacitors), die einen Teil von statischen Blindleistungskompensatoren (SVC; en: static VAR compensators) für Anwendungen in Starkstromnetzen bilden, verwendet werden. Die Anforderungen der Norm gelten sowohl für Einzelventil-Baueinheiten (eine Phase) als auch für Mehrfachventil-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 ordnungsgemäßen 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 Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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-voltage test techniques*

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

IEC 60060-2, *High-voltage 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, *High-voltage test techniques – 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)strang

in Reihe geschaltete Thyristoren, die eine Richtung des Thyristorventils bilden

3.3

Ventildrossel

Drossel, die in einigen Ventilen zur Begrenzung der Spannungsbeanspruchungen enthalten ist

Anmerkung 1 zum Begriff: 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 die 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

Ventilgerüst

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

3.7

Ventilfußpunktelektronik

VBE, en: valve base electronics

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

3.8

Mehrfachventil

MVU

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

3.9

redundante Thyristorplätze

höchste Anzahl der Thyristorplätze im 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 sie überschritten wird, entweder die Abschaltung des Thyristorventils erfordern würde, um die ausgefallenen Thyristoren auszuwechseln, oder die Akzeptanz eines erhöhten Ausfallrisikos bedeutet

3.10

Schutz gegen Spannungsdurchbruch

VBO, en: 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

Tabelle 1 führt die in den folgenden Abschnitten angegebenen Prüfungen auf.

Tabelle 1 – Liste der Prüfungen

Prüfung	Abschnitt		Prüfgegenstand
	TCR/TSR	TSC	
Isolationsprüfungen zwischen Ventilanschlüssen und Erdpotential (Typprüfungen)			
Wechselspannungsprüfung	5.1.2		Ventil

Prüfung	Abschnitt		Prüfgegenstand
	TCR/TSR	TSC	
Wechselspannungs-Gleichspannungs-Prüfung		6.1.2	Ventil
Blitzstoßspannungsprüfung	5.1.3	6.1.3	Ventil
Isolationsprüfungen zwischen Ventilen (nur MVU) (Typprüfungen)			
Wechselspannungsprüfung	5.2.2		MVU
Wechselspannungs-Gleichspannungs-Prüfung		6.2.2	MVU
Blitzstoßspannungsprüfung	5.2.3	6.2.3	MVU
Isolationsprüfungen zwischen Ventilanschlüssen (Typprüfungen)			
Wechselspannungsprüfung	5.3.2		Ventil
Wechselspannungs-Gleichspannungs-Prüfung		6.3.2	Ventil
Schaltstoßspannungsprüfung	5.3.3	6.3.3	Ventil
Betriebsprüfungen (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)			
Schaltstoßspannungsprüfung	7.2.2	7.2.2	Ventil
Prüfung der nichtperiodischen Zündung	7.2.3	7.2.3	Ventil
Fertigungsprüfungen			
Sichtprüfung	8.2	8.2	
Verbindungsprüfung	8.3	8.3	
Prüfung der Spannungsteilerstromkreise	8.4	8.4	
Stehspannungsprüfung	8.5	8.5	
Prüfung der Hilfseinrichtungen	8.6	8.6	
Zündprüfung	8.7	8.7	
Prüfung des Kühlsystemdruckes	8.8	8.8	
Teilentladungsprüfungen	8.9	8.9	
Wahlfreie Prüfungen			
Überstromprüfung	9.1		Ventil oder Ventilabschnitt
Positive Spannungstransiente während der Sperrverzögerungsprüfung	9.2	10.1	Ventil oder Ventilabschnitt
Prüfung der nichtperiodischen Zündung	9.3	10.2	Ventil oder Ventilabschnitt

4.2 Zweck der Prüfungen

4.2.1 Allgemeines

Die beschriebenen Prüfungen gelten für das Ventil (oder den Ventilabschnitt), den Ventilaufbau und jene Teile des Kältemittelverteilungssystems 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 Ventilfußpunktelektronik sind möglicherweise wichtig für den Nachweis der ordnungsgemäßen Arbeitsweise des Ventils während der Prüfung, sind jedoch nicht selbst Gegenstand der Prüfungen.

4.2.2 Isolationsprüfungen

4.2.2.1 Allgemeines

Es sind Prüfungen für die folgenden 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 einzige Stoßspannungsprüfung eine Schaltstoßspannungsprüfung festgelegt.

4.2.2.2 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 zeigen, 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;
- Teilentladungseinschalt- und -ausschaltspannungen unter Wechsel- und Gleichstrombedingungen oberhalb der höchsten Dauerbetriebsspannung, die am Ventilaufbau auftritt, liegen.

4.2.2.3 Prüfungen zwischen Ventilanschlüssen

Der Zweck dieser Prüfung ist es, die Fähigkeit der Bauart des Ventils nachzuweisen, Überspannungen zwischen den Anschlüssen standzuhalten. Die Prüfungen müssen zeigen, dass

- eine ausreichende innere Isolierung bereitgestellt wird, so dass das Ventil festgelegten Spannungen standhalten kann;
- Teilentladungseinschalt- und -ausschaltspannungen 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 angemessenes du/dt -Verhalten für die Betriebsbedingungen aufweisen. (In den meisten Fällen sind die festgelegten Prüfungen ausreichend, in manchen Ausnahmefällen können jedoch zusätzliche Prüfungen erforderlich sein.)

4.2.3 Betriebsprüfungen

Der Zweck dieser Prüfungen ist die Überprüfung der Ventilausführung in Bezug auf kombinierte Spannungs- und Strombeanspruchungen unter bestimmungsgemäßen und außergewöhnlichen wiederkehrenden Bedingungen sowie unter kurzzeitigen Fehlerbedingungen. Sie müssen nachweisen, dass:

- das Ventil ordnungsgemäß 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 standzuhalten, ausreichend ist.

4.2.4 Prüfungen der elektromagnetischen Beeinflussung

Das Hauptziel dieser Prüfungen ist die Überprüfung der Störfestigkeit des Ventils gegen elektromagnetische Beeinflussung von innen und von außen. Im Allgemeinen wird die Störfestigkeit gegen elektromagnetische Störungen durch Überwachung des Ventils während anderer Prüfungen nachgewiesen.

4.2.5 Fertigungsprüfungen

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

- alle im Ventil verwendeten Werkstoffe, Bauelemente und Teilbaugruppen ordnungsgemäß 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;
- eine beständige und einheitliche Fertigung erreicht wird.

4.2.6 Wahlfreie Prüfungen

Wahlfreie Prüfungen sind zusätzliche Prüfungen, die nach Vereinbarung zwischen Käufer und Lieferant ausgeführt werden dürfen. Der Zweck ist derselbe wie für die Betriebsprüfungen nach 4.2.3. Der Prüfgegenstand ist in der Regel ein Ventil oder eine entsprechend gleichwertige Anzahl von Ventilabschnitten.

4.3 Richtlinie für die Durchführung von Typprüfungen und wahlfreien Prüfungen

Es müssen die folgenden Grundsätze gelten:

- Typprüfungen müssen an mindestens einem Ventil oder an einer entsprechenden Anzahl von Ventilabschnitten, wie in [Tabelle 1](#) (siehe [4.1](#)) angegeben, durchgeführt werden, um nachzuweisen, dass die Ventilbauart 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 das Ventil oder müssen die Ventilabschnitte erneut auf Übereinstimmung mit den Kriterien der Abnahmeprüfung überprüft werden.
- Werkstoffe für Typprüfungen dürfen nach dem Zufallsprinzip 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

4.4.1.1 Prüflinge für die Isolationsprüfungen

Isolationsprüfungen müssen an vollständig zusammengebauten Ventilen durchgeführt werden, wogegen einige Betriebsprüfungen entweder an vollständigen Ventilen oder an Ventilabschnitten ausgeführt werden dürfen.

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 entspricht wie z. B. die Leitfähigkeit, außer für die Durchflussgeschwindigkeit und den Frostschutzmittelgehalt, die verringert werden können. Falls irgendein Gegenstand oder eine Einrichtung außerhalb des Aufbaus für die ordnungsgemäße Darstellung der Beanspruchungen während der Prüfung erforderlich ist, muss er (sie) bei der Prüfung vorhanden sein oder nachgebildet werden. Metallische Teile des Ventilaufbaus (oder andere Ventile in einer MVU), die nicht geprüft werden, 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

Sofern es nicht ausdrücklich ausgeschlossen ist, muss die Korrektur für atmosphärische Bedingungen für die Prüfspannungen nach IEC 60060-1 angewendet werden. Zur Berechnung der Prüfwerte, die bei Referenz-Normklima anwendbar sind, muss das in IEC 60060-1, 4.3.3.1, beschriebene „Standardverfahren“ verwendet werden, unter Berücksichtigung der folgenden Bedingungen als Eingangsgrößen für Druck p , Temperatur t und Luftfeuchte h :

- 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 Meter. Wenn also die Standorthöhe a_s , bei welcher die Ausrüstung errichtet wird, weniger als 1 000 Meter beträgt, dann muss der normale atmosphärische Luftdruck ($b_0 = 101,3$ kPa) ohne eine Höhenkorrektur angewendet werden. Ist $a_s > 1\,000$ m, wird das Standardverfahren nach IEC 60060-1 angewendet, mit der Ausnahme, dass der Bezugsluftdruck b_0 durch den entsprechenden Luftdruck in einer Höhe von 1 000 m ($b_{1\,000\text{m}}$) ersetzt wird.

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

- Temperatur:

Auslegungswert der höchsten Ventilhallen-Lufttemperatur ($^{\circ}\text{C}$).

- Luftfeuchte:

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

Die anzuwendenden Werte müssen vom Lieferanten festgelegt werden.

In jedem der vorgenannten Fälle muss die Korrektur von Prüfergebnissen bei Referenz-Normalklima auf Prüfbedingungen nach IEC 60060-1, 4.3.3.2 „Umkehrverfahren“, durchgeführt werden.

Sofern nicht genormte Prüfstufen durch diese Norm festgelegt werden, muss der nachgenannt festgelegte Luftdichte-Korrekturfaktor k_d für den Einbauort angewendet werden, wenn es angegeben ist.

Der Wert von k_d muss nach folgender Gleichung bestimmt werden:

$$k_d = \frac{b_1}{b_2} \times \frac{273 + T_2}{273 + T_1} \quad (1)$$

Dabei ist

b_1	der Umgebungsluftdruck im Laboratorium, angegeben in Pascal (PA);
T_1	die Umgebungstemperatur im Laboratorium, angegeben in Grad Celsius (°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 wird;
T_2	der Auslegungswert der höchsten Ventilhallen-Lufttemperatur, angegeben in Grad Celsius (°C).

Die Korrekturfaktoren dürfen nicht auf die Isolationsprüfungen zwischen den Ventilanschlüssen oder für die Isolationsdauerprüfungen angewendet werden, deren Hauptzweck die Überprüfung der inneren Isolierung und von Teilentladungen ist.

Die Korrekturfaktoren für atmosphärische Bedingungen dürfen nicht auf die Betriebsprüfungen oder wahlfreien Prüfungen angewendet werden.

4.4.1.3 Betriebsprüfungen

Die Prüfungen sollten, sofern möglich, an einem vollständigen Thyristorventil durchgeführt werden. Anderenfalls 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, 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 Betriebsprüfungen bei einer Netzfrequenz durchgeführt werden, die von der Betriebsfrequenz abweicht, z. B. 50 Hz anstatt 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 sich in einem Zustand befinden, der die Betriebsbedingungen nachbildet. 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 Lieferanten 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 Betriebsprüfungen

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 Betriebsprüfungen

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

$$k_n = \frac{N_{\text{tot}}}{N_t - N_r} \quad (2)$$

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 Betriebsprüfung mit redundanten Thyristorplätzen bei Kurzschluss und ohne Skalierung der Prüfspannungen und Impedanzen durch k_n durchzuführen.

4.5 Zulässige Ausfälle von Bauteilen bei Typprüfungen

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. Obwohl diese Ausfälle von der Beanspruchung abhängig sein können, werden sie als zufällig betrachtet, da die Ausfallursache oder die Beziehung zwischen Ausfallrate und Beanspruchung weder vorhergesagt werden kann noch einer genauen quantitativen Festlegung genügt. Bei Typprüfungen werden Ventile oder Ventilabschnitte innerhalb einer kurzen Zeit mehreren Beanspruchungen unterworfen, die im Allgemeinen den ungünstigsten Beanspruchungen entsprechen, denen das Betriebsmittel während der Lebensdauer des Ventils nur wenige Male standhalten kann. Die vorgenannt beschriebenen Kriterien für eine erfolgreiche Typprüfung lassen deshalb unter Berücksichtigung des Vorgenannten eine geringe 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 jegliche Thyristoren oder Hilfsbauelemente während der Prüfung ausgefallen sind. 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 wiederhergestellt und diese Typprüfung wiederholt werden (siehe IEC 60700-1, 4.4.2 b)). In **Tabelle 2** ist die Gesamtanzahl der Thyristorplätze angegeben, die während aller Prüfungen ausfallen dürfen.

Die Verteilung der kurzgeschlossenen Module und weiterer Thyristorplatzausfälle am Ende aller Typprüfungen muss im Wesentlichen zufällig sein und darf kein Muster aufweisen, das auf eine unzureichende Auslegung hinweist.

4.6 Dokumentation der Prüfergebnisse

4.6.1 Anzufertigende Prüfberichte

Der Lieferant muss zertifizierte Prüfberichte von allen Typprüfungen, die an den Ventilen oder Ventilabschnitten durchgeführt wurden, bereitstellen.

Vom Lieferanten müssen Prüfaufzeichnungen über die Ergebnisse der Stückprüfungen geliefert werden.

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

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

4.6.2 Inhalt eines Typprüfberichtes

Es muss ein Bericht über die an Thyristorventilen ausgeführten Typprüfungen angefertigt werden. Der Bericht muss Folgendes enthalten:

- a) allgemeine Daten, wie:
 - Kennzeichnung der geprüften Ausrüstung (z. B. Typ und Bemessungswerte, Zeichnungsnummer, Seriennummer usw.);
 - Kennzeichnung der Hauptteile des Prüfobjektes (z. B. Thyristoren, Ventildrosseln, Leiterplatten usw.);
 - Name und Ort der Einrichtung, in der die Prüfung ausgeführt wurde;
 - zutreffende Umstände, die erforderlich sind (z. B. Temperatur, Luftfeuchte und Luftdruck während den Isolationsprüfungen usw.);
 - Verweis auf die Prüfspezifikation;
 - Datum der Prüfungen;
 - Name und Unterschrift der (des) verantwortlichen Prüfer(s);
 - Unterschrift des Inspektors des Käufers (falls anwesend) und sein Zulassungszeichen (falls erforderlich);
- b) Beschreibung der Energiequellen (z. B. Stoßspannungsgenerator, Gleichspannungsquelle usw.), die bei der besonderen Prüfung verwendet wurden, wie Name des Herstellers, Bemessungswerte, Kennwerte usw.;
- c) Beschreibung der Messgeräteausrüstung einschließlich der garantierten Messunsicherheit und Datum der letzten Kalibrierung;
- d) detaillierte Angaben zu jeder Prüfanordnung (z. B. Stromlaufplan);
- e) Beschreibung der Durchführung der Prüfungen;

- f) alle vereinbarten Abweichungen oder Verzichtserklärungen;
- g) Ergebnisse in Tabellenform einschließlich Fotografien, Oszillogrammen, Diagrammen usw.;
- h) Berichte über Bauelementeausfälle oder andere außergewöhnliche Ereignisse;
- i) Zusammenfassungen und Empfehlungen, soweit zutreffend.

5 Typprüfungen an TCR- und TSR-Ventilen

5.1 Isolationsprüfungen zwischen Ventilanschlüssen und Erdpotential

5.1.1 Allgemeines

Bei diesen Prüfungen muss jedes Thyristorventil über den Ventilanschlüssen oder den einzelnen Thyristorplätzen kurzgeschlossen werden.

Bei Ventilen, die zu einem Mehrfachventil (MVU) gehören, müssen alle Ventile im selben Aufbau kurzgeschlossen und miteinander verbunden werden. Die Prüfspannung muss zwischen allen Ventilen und Erdpotential angelegt werden.

Zu weiteren detaillierten Anforderungen an den Prüfling siehe [4.4.1.1](#).

5.1.2 Wechselspannungsprüfung

5.1.2.1 Zweck

Siehe [4.2.2.2](#).

5.1.2.2 Prüfwerte und Kurvenformen

U_{ts1} und U_{ts2} haben eine sinusförmige Kurvenform mit einer Frequenz von 50 Hz oder 60 Hz, die von den Prüfmöglichkeiten abhängt. U_{ts1} wird gewählt als die genormte Kurzzeit-Stehwechselspannung nach [IEC 60071-1, Tabelle 2](#), oder durch Berechnung eines interpolierten Wertes zwischen zwei aufeinander folgenden Stufen dieser Tabelle. U_{ts2} muss wie folgt berechnet werden:

$$U_{ts2} = \frac{k_{s2} \times U_{ms2}}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

Dabei ist

U_{ms2} der Spitzenwert der höchsten Dauerbetriebsspannung, einschließlich Ausschaltüberschwingen, der zwischen irgendeinem Ventilanschluss und Erdpotential auftritt;

k_{s2} ein Prüfsicherheitsfaktor;

$k_{s2} = 1,2$.

5.1.2.3 Durchführung der Prüfungen

Die Prüfung besteht aus dem Anlegen der festgelegten Prüfspannungen U_{ts1} und U_{ts2} zwischen den beiden miteinander verbundenen Ventilanschlüssen und Erdpotential für die festgelegte Dauer.

- a) Die Spannung wird in ungefähr 10 Sekunden von 50 % von U_{ts1} auf 100 % von U_{ts1} erhöht.
- b) U_{ts1} wird für 1 Minute beibehalten.
- c) Die Spannung wird von 100 % von U_{ts1} auf U_{ts2} verringert.

- d) U_{ts2} wird für 10 Minuten beibehalten, der Teilentladungspegel wird aufgezeichnet und dann wird die Spannung von U_{ts2} auf null verringert.
- e) Der Spitzenwert der periodischen Teilentladung, der während der letzten Minute von Schritt d) aufgezeichnet wurde, muss kleiner als 200 pC sein, vorausgesetzt, dass die Bauelemente im Ventil, die für die Teilentladung empfindlich sind, getrennt geprüft wurden, oder er muss kleiner als 50 pC sein, wenn sie nicht geprüft wurden.
- f) Die Messung der Einschalt- und Ausschaltspannung muss nach IEC 60270 durchgeführt werden.

5.1.3 Blitzstoßspannungsprüfung

5.1.3.1 Zweck

Siehe 4.2.2.2.

5.1.3.2 Prüfwerte und Kurvenformen

Es muss eine genormte 1,2/50- μ s-Kurvenform nach IEC 60060 verwendet werden.

Der Spitzenwert der Prüfspannung muss entsprechend der Isolationskoordination der Station mit dem SVC-Ventil oder aus den genormten Bemessungs-Blitzstoßspannungen nach IEC 60071-1, Tabelle 2 oder Tabelle 3, gewählt werden, oder durch Berechnung eines interpolierten Wertes zwischen zwei aufeinander folgenden Stufen dieser Tabelle.

5.1.3.3 Durchführung der Prüfungen

Die Prüfung muss aus drei Anwendungen der Blitzstoßspannung mit positiver Polarität und drei Anwendungen mit negativer Polarität zwischen Erdpotential und den zwei verbundenen Ventilanschlüssen bestehen.

5.2 Isolationsprüfungen zwischen Ventilen (nur MVU)

5.2.1 Allgemeines

Bei diesen Prüfungen muss jedes Thyristorventil über den Ventilanschlüssen oder den einzelnen Thyristorplätzen kurzgeschlossen werden.

Die Prüfungen müssen wiederholt werden, um die Isolierung zwischen zwei beliebigen Ventilen, die im selben Aufbau angeordnet sind, zu bestätigen, sofern nicht die geometrische Anordnung des MVU dies unmöglich macht.

Zu weiteren detaillierten Anforderungen an den Prüfling siehe 4.4.1.1.

5.2.2 Wechsellspannungsprüfung

5.2.2.1 Zweck

Siehe 4.2.2.2.

5.2.2.2 Prüfwerte und Kurvenformen

U_{ts1} und U_{ts2} haben eine sinusförmige Kurvenform mit einer Frequenz von 50 Hz oder 60 Hz, die von den Prüfmöglichkeiten abhängt. U_{ts1} wird gewählt als die genormte Kurzzeit-Stehwechselspannung nach IEC 60071-1, Tabelle 2, oder durch Berechnung eines interpolierten Wertes zwischen zwei aufeinander folgenden Stufen dieser Tabelle. U_{ts2} muss nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$U_{ts2} = \frac{k_{s2} \times U_{ms3}}{\sqrt{2}} \quad (4)$$

Dabei ist

U_{ms3} der Spitzenwert der höchsten Dauerbetriebsspannung, einschließlich Ausschaltüberschwingen, der zwischen Ventilen auftritt;
 k_{s2} ein Prüfsicherheitsfaktor;
 $k_{s2} = 1,2$.

5.2.2.3 Durchführung der Prüfungen

Die Prüfung besteht aus dem Anlegen der festgelegten Prüfspannungen U_{ts1} und U_{ts2} zwischen den Ventilen für die festgelegte Dauer.

- Die Spannung wird in etwa 10 Sekunden von 50 % auf 100 % von U_{ts1} erhöht.
- U_{ts1} wird für 1 Minute beibehalten.
- Die Spannung wird auf U_{ts2} verringert.
- U_{ts2} wird für 10 Minuten beibehalten, der Teilentladungspegel wird aufgezeichnet und die Spannung wird auf null verringert.
- Der Spitzenwert der periodischen Teilentladung, der während der letzten Minute von Schritt d) aufgezeichnet wurde, muss kleiner als 200 pC sein, vorausgesetzt, dass die Bauelemente im Ventil, die für die Teilentladung empfindlich sind, getrennt geprüft wurden, oder er muss kleiner als 50 pC sein, wenn sie nicht geprüft wurden.
- Die Messung der Einschalt- und Ausschaltspannung muss nach IEC 60270 durchgeführt werden.

5.2.3 Blitzstoßspannungsprüfung

5.2.3.1 Zweck

Siehe 4.2.2.2.

5.2.3.2 Prüfwerte und Kurvenformen

Es muss die genormte 1,2/50-µs-Kurvenform verwendet werden.

Der Spitzenwert der Prüfspannung muss entsprechend der Isolationskoordination eines Mehrfachventils (MVU) ermittelt werden, oder alternativ durch Auswahl aus den genormten Bemessungs-Blitzstoßspannungen nach IEC 60071-1, Tabelle 2 oder Tabelle 3, oder durch Berechnung eines interpolierten Wertes zwischen zwei aufeinander folgenden Stufen dieser Tabelle.

5.2.3.3 Durchführung der Prüfungen

Die Prüfung muss aus drei Anwendungen der Blitzstoßspannung mit positiver Polarität und drei Anwendungen mit negativer Polarität zwischen den Ventilen bestehen.

5.3 Spannungsprüfungen zwischen Ventilanschlüssen

5.3.1 Allgemeines

Für Ventile, die zu einem Mehrfachventil gehören, brauchen diese Prüfungen nur an einem Ventil durchgeführt werden. Jedes andere Ventil im selben Aufbau muss über den Ventilanschlüssen oder den einzelnen Thyristorplätzen kurzgeschlossen und mit dem Erdpotential verbunden werden.

Zu detaillierten Anforderungen an den Prüfling siehe 4.4.1.1.

5.3.2 Wechselspannungsprüfung

5.3.2.1 Zweck

Siehe 4.2.2.2.

5.3.2.2 Prüfwerte und Kurvenformen

U_{tv1} und U_{tv2} haben eine sinusförmige Kurvenform mit einer Frequenz von 50 Hz oder 60 Hz, die von den Prüfmöglichkeiten abhängt.

Der Wert der Prüfspannung U_{tv1} hängt vom Schutzsystem des Ventils ab und entspricht dem kleinsten Wert von U_{tv11} , U_{tv12} oder U_{tv13} . Wenn weder U_{tv11} noch U_{tv12} bestimmt werden kann, muss U_{tv13} verwendet werden.

U_{tv11} wird aus der VBO-Schutzzündung des Ventils ermittelt;

U_{tv12} wird aus der Schutzwirkung des Überspannungsableiters bestimmt;

U_{tv13} wird aus der höchsten zeitweiligen Überspannung, die auftreten kann, ermittelt.

U_{tv11} , U_{tv12} und U_{tv13} müssen wie folgt berechnet werden:

$$U_{tv11} = \frac{k_{s11} \times U_1}{\sqrt{2}} \quad (5)$$

Dabei ist

U_1 der höchste Augenblickswert der Spannung zwischen den Ventilanschlüssen, der garantiert, dass das VBO-Schutzzündsystem, sofern eingebaut, nicht anspricht;

k_{s11} ein Prüfsicherheitsfaktor;

$k_{s11} = 0,95$.

$$U_{tv12} = \frac{k_{s12} \times U_2}{\sqrt{2}} \quad (6)$$

Dabei ist

U_2 die Schutzspannung des Überspannungsableiters, sofern eingebaut, der parallel zu den Ventilanschlüssen geschaltet ist;

k_{s12} ein Prüfsicherheitsfaktor;

$k_{s12} = 1,1$.

$$U_{tv13} = \frac{k_{s13} \times U_3}{\sqrt{2}} \quad (7)$$

Dabei ist

U_3	der Spitzenwert der höchsten periodischen Überspannung, einschließlich Ausschaltüberschwingen, über den Ventilanschlüssen für den festgelegten ungünstigsten zeitweiligen Überspannungszustand;
k_{s13}	ein Prüfsicherheitsfaktor;
k_{s13}	= 1,15.

ANMERKUNG Die vorgeschriebene Prüfung kann einige Ventilbauelemente thermisch unrealistisch überbeanspruchen. Sofern dies der Fall ist, darf nach Vereinbarung zwischen Käufer und Lieferant die einminütige Stehwechselspannungsprüfung durch mehrere kürzere Prüfungen ersetzt werden, deren Mindestdauer aus der höchstmöglichen Dauer des Überspannungszustandes multipliziert mit 2 bestimmt wird, wobei aber die Gesamtdauer nicht geringer als 1 Minute sein darf. Strengere Prüfwerte für U_{tv13} können zwischen dem Käufer und dem Lieferanten vereinbart werden

Die Prüfspannung U_{tv2} muss die niedrigere von U_{tv1} und U_{tv21} sein.

$$U_{t2(ac)} = k_{s2} \times U_{ac2} / \sqrt{2} \quad (8)$$

Dabei ist

U_{mv2}	der Spitzenwert der höchsten periodischen Spannung, einschließlich Ausschaltüberschwingen, die über den Ventilanschlüssen während des ungünstigsten stationären Betriebspunktes auftritt;
k_{s2}	ein Prüfsicherheitsfaktor;
k_{s2}	= 1,15.

5.3.2.3 Durchführung der Prüfungen

Die Prüfung besteht aus dem Anlegen der festgelegten Prüfspannungen zwischen den beiden Ventilanschlüssen für die festgelegte Dauer. Ein Anschluss des Ventils darf geerdet sein.

- Die Spannung wird in etwa 10 Sekunden von 50 % auf 100 % von U_{ts1} erhöht.
- U_{tv1} wird für 1 Minute beibehalten.
- Die Spannung wird auf U_{tv2} verringert.
- U_{tv2} wird für 10 Minuten beibehalten, der Teilentladungspegel wird aufgezeichnet und dann die Spannung auf null verringert.
- Der Spitzenwert der periodischen Teilentladung, der während der letzten Minute von Schritt d) aufgezeichnet wurde, muss kleiner als 200 pC sein, vorausgesetzt, dass die Bauelemente im Ventil, die für die Teilentladung empfindlich sind, getrennt geprüft wurden, oder er muss kleiner als 50 pC sein, wenn sie nicht geprüft wurden.
- Die Messung der Einschalt- und Ausschaltspannung muss nach IEC 60270 durchgeführt werden.

Falls VBO-Schutzzündung vorgesehen ist, darf sie während dieser Prüfung nicht ansprechen.

5.3.3 Schaltstoßspannungsprüfung

5.3.3.1 Zweck

Siehe 4.2.2.3. Ein zusätzlicher Zweck ist es, die Unempfindlichkeit des Ventils gegen elektromagnetische Störungen nachzuweisen (siehe Abschnitt 7).

5.3.3.2 Prüfwerte und Kurvenformen

- Kurvenform 1:
Es wird eine 20/200-µs-Kurvenform verwendet, die sich einer typischen Löschkurvenform annähert, oder es wird eine gleichwertige Näherung verwendet, wenn diese durch Netzstudien unterstützt wird.
- Kurvenform 2:
Es wird eine genormte 250/2500-µs-Kurvenform verwendet.

a) Prüfung 1

Diese Prüfung ist vorgesehen, um nachzuweisen, dass das Schutzzündsystem des Ventils (sofern für die Ventilbauart zutreffend) bei Spannungswerten bis zur Prüfspannung nicht anspricht.

Die Prüfspannung U_{tsv1} wird wie folgt bestimmt:

$$U_{tsv1} = k_s \times U_{pf} \text{ (Kurvenformen 1 und 2)} \quad (9)$$

Dabei ist

U_{pf}	der Wert der Stoßspannung, dem das Ventil ohne Anfangsauslösung des Schutzzündsystems unter Betriebsbedingungen standhalten muss;
k_s	ein Prüfsicherheitsfaktor;
k_s	= 1,05.

b) Prüfung 2

Diese Prüfung ist vorgesehen, um die Ventilisolierung und die sichere Arbeitsweise des Schutzzündsystems nachzuweisen (sofern für die Ventilbauart zutreffend).

- Durch Überspannungsableiter geschützte Ventile:

Die unbeeinflusste Prüfspannung U_{tsv2} wird wie folgt bestimmt:

$$U_{tsv2} = k_s \times U_{cms} \text{ (Kurvenformen 1 und 2)} \quad (10)$$

Dabei ist

U_{cms}	der Schutzpegel des Überspannungsableiters;
k_s	ein Prüfsicherheitsfaktor;
k_s	= 1,1.

- Durch VBO geschützte Ventile:

Die unbeeinflusste Prüfspannung U_{tsv2} wird wie folgt bestimmt:

$$U_{tsv2} = k_s \times U_{VBO} \text{ (Kurvenformen 1 und 2)} \quad (11)$$

Dabei ist

U_{VBO} der höchste VBO-Schutzspannungspegel mit betriebsfähigen redundanten Thyristorplätzen;
 k_s ein Prüfsicherheitsfaktor;
 $k_s = 1,1$.

Die oberen und unteren Grenzwerte des Schwellenwertes der VBO-Schutzzündung mit betriebsfähigen redundanten Thyristorplätzen müssen vom Hersteller angegeben werden, und es muss überprüft werden, dass die beobachtete Spannung bei der Zündung zwischen diesen beiden Grenzwerten liegt.

Die Prüfung muss wiederholt werden, wobei die Ventilelektronik anfangs nicht aktiviert ist.

ANMERKUNG Für Ventilausführungen, in denen die regulären Zündschaltkreise unabhängig von der Hauptstromversorgung versorgt werden, ist diese zusätzliche Prüfung nicht anwendbar.

c) Prüfung 3

Diese Prüfung ist vorgesehen, um die Ventilisolierung nachzuweisen, wenn weder Überspannungsableiter noch VBO verwendet werden.

$$U_{tsv2} = k_s \times U_{cms}(\text{Kurvenformen 1 und 2}) \quad (12)$$

Dabei ist

U_{cms} die unbeeinflusste Schaltstoßspannung nach IEC 60071 oder wie durch Studien der Isolationskoordination bestimmt;
 k_s ein Prüfsicherheitsfaktor;
 $k_s = 1,15$.

Das Ventil muss der Prüfspannung ohne Einschalten oder Isolationsdurchschlag standhalten.

5.3.3.3 Durchführung der Prüfungen

Jede dieser Prüfungen muss aus drei Anwendungen der Schaltstoßspannung mit jeder Polarität zwischen den Ventilanschlüssen bestehen, wobei ein Anschluss geerdet ist.

Anstelle der Umkehr der Polarität des Stoßspannungsgenerators darf die Prüfung mit einer Polarität des Stoßspannungsgenerators und Vertauschen der Ventilanschlüsse durchgeführt werden.

5.4 Betriebsprüfungen

5.4.1 Prüfung mit periodischer Zündung und Löschung

5.4.1.1 Zweck

Der Hauptzweck dieser Prüfung ist es, das Schaltvermögen des Ventils bei überhöhter Spannung und überhöhtem Strom während des periodischen Einschalt- und Ausschaltbetriebes nachzuweisen. Diese Prüfung bestätigt auch die ordnungsgemäße Betriebsweise des Spannungsteiler-/Dämpfungsnetzwerkes, das für die Sicherstellung einer gleichmäßigen Spannungaufteilung vorgesehen ist.

Falls die Ventilbauart den Dauerbetrieb der einzelnen Schutzzündungen (wie z. B. VBO) zulässt, muss diese Prüfung verwendet werden, um die zuverlässige Arbeitsweise des Schutzzündungsstromkreises selbst und den Dämpfungsstromkreis am beeinflussten Thyristorplatz zu bestätigen.

5.4.1.2 Prüfwerte und Kurvenformen

Es muss nachgewiesen werden, dass das Ventil der kombinierten Spannungs- und Strombeanspruchung, die sich aus zeitweiligen Überspannungen ergibt, standhalten kann. Daher müssen die Prüfbedingungen der festgelegten ungünstigsten temporären Systemüberspannung (Lastzyklus) entsprechen, bei der der SVC im Betrieb bleiben muss, wobei die Steuerungs- und Schutzkennwerte der Anordnung zu berücksichtigen sind. Es muss im Besonderen nachgewiesen werden, dass das Ventil die höchste Spannung (einschließlich Ausschaltüberschwingen) in Verbindung mit der höchsten Sperrschichttemperatur des Thyristors, die durch einen Lastzyklus gegeben ist, blockieren kann.

Das Ventil oder der Ventilabschnitt muss Strom- und Spannungskurvenformen ausgesetzt werden, die jenen so nahe wie möglich kommen, denen das Ventil während des Zündens und Löschens bei den nachgenannt festgelegten kritischsten Betriebsbedingungen ausgesetzt ist. Das Hauptinteresse liegt bei der Zündung auf dem Zeitintervall der ersten 10 µs bis 20 µs, beim Löschen 0,2 ms vor und 1 ms nach dem Stromwert null beim Ausschalten des Thyristors.

Insbesondere die folgenden Bedingungen dürfen nicht geringer als im Betrieb sein:

- Spannungsamplituden beim Ein- und Ausschalten;
- di/dt beim Einschalten und mindestens 0,2 ms vor dem Stromwert null;
- die Sperrschichttemperatur des Thyristors.

Es müssen auch die folgenden Faktoren beachtet werden:

- die Darstellung der Streukapazitäten zwischen den Anschlüssen des Ventils;
- eine ausreichende Amplitude und Dauer des Laststroms, um die Leitung über die volle Fläche der Thyristorsperrschicht zu erreichen.

5.4.1.3 Durchführung der Prüfungen

Die Prüfungen müssen unter Verwendung geeigneter Prüfschaltungen durchgeführt werden, die Einschalt- und Ausschaltbelastungen ergeben, die den entsprechenden Betriebsbedingungen äquivalent sind, wie z. B. eine Wechselstromquelle, die eine Drosselspule in Reihe mit dem Ventilabschnitt speist, oder mit einer geeigneten synthetischen Prüfschaltung.

Alle Hilfssysteme, die das Verhalten des Ventils bei den nachgenannt festgelegten Betriebsbedingungen beeinflussen können (z. B. erzwungenes Zünden), müssen in Betrieb sein.

Idealerweise würde die Prüfung durch Nachbildung der festgelegten zeitabhängigen Quellenspannung durchgeführt werden. Aus praktischen Gründen darf ein modifiziertes Prüfverfahren wie folgt angewendet werden:

- a) Es werden die höchsten Dauerzustände für Spannung und Strom herbeigeführt und bis zum Erreichen des thermischen Gleichgewichts beibehalten.
- b) Die Quellenspannung wird auf den höchsten Wert nach der Überlastkennlinie oder auf den höchsten Wert, für den die Phasenwinkelsteuerung garantiert ist, gesteigert. Es muss ein Prüfsicherheitsfaktor von 1,05 angewendet werden.
- c) Der Zündwinkel wird nahe 90° konstant gehalten, bis der Thyristor die höchste Temperatur erreicht hat, die durch den festgelegten zeitweiligen Überspannungszyklus gegeben ist.
- d) Es wird zu den Dauerbetriebsbedingungen zurückgekehrt.

Das Löschüberschwingen, das dem höchsten Wiederkehrspannungsschritt entspricht, muss gemessen und überprüft werden, um sicherzustellen, dass es kleiner als der Entwurfswert ist. Falls die Ventilbauart den Dauerbetrieb der VBO-Schutzzündung einzelner Thyristorplätze zulässt, muss diese Eigenschaft unter Dauerbedingungen unter Abschaltung des bestimmungsgemäßen Zündsignals an einem Thyristor für eine Dauer geprüft werden, die für ein Erreichen des thermischen Gleichgewichts für die beanspruchten Bauelemente ausreichend ist.

ANMERKUNG Der zeitweilige Überlastzyklus für ein TSR-Ventil ist eine Stromüberlast ohne Spannung. Um den Zweck der Prüfung zu erfüllen, sollte der Dauerbetrieb, der der Überlast unmittelbar folgt, ein blockierter Zustand sein. Dies weist die Fähigkeit der überhitzten Thyristoren nach, der Blockierspannung standzuhalten.

5.4.2 Prüfung der Mindestwechselspannung

5.4.2.1 Zweck

Der Zweck dieser Prüfung ist es, die sichere Arbeitsweise des Zündsystems im TCR-Ventil bei der festgelegten Mindestwechselspannung und festgelegten Betriebsbedingungen nachzuweisen.

5.4.2.2 Durchführung der Prüfungen, Prüfwerte und Kurvenformen

Die Durchführung der Prüfung muss wie folgt sein:

- Es wird die niedrigste zeitweilige Unterspannung, bei der die TCR steuerbar bleibt, angelegt und diese über eine Dauer beibehalten, die mindestens das Doppelte der festgelegten Dauer der zeitweiligen Unterspannung beträgt.
- Der Steuerwinkel α wird zwischen $\alpha_{\min}$ und $\alpha_{\max}$ verändert;
- Punkt b) wird durch Verringerung (kontinuierlich oder in Schritten) der Spannung auf null (oder auf den Eintrittswinkel des Schutzes) wiederholt, um nachzuweisen, dass dieser Zustand für das Ventil nicht schädlich ist.

Ein Prüfsicherheitsfaktor von 0,95 muss angewendet werden.

ANMERKUNG In Abhängigkeit von der Ventilbauart kann es erforderlich sein, nach jedem Unterspannungsschritt zum Mindestdauerwert der Wechselspannung zurückzukehren, um die Stromversorgungen am Steueranschluss wiederherzustellen.

5.4.3 Erwärmungsprüfung

5.4.3.1 Zweck

Der Hauptzweck dieser Prüfung ist der Nachweis, dass die Erwärmung der kritischsten wärmeerzeugenden Bauelemente innerhalb festgelegter Grenzwerte liegt, und zur Bestätigung, dass keine Bauelemente oder Werkstoffe unter verschiedenen Dauerbetriebsbedingungen übermäßigen Temperaturen ausgesetzt sind, sowie der Nachweis, dass die vorgesehene Kühlung ausreichend ist.

5.4.3.2 Durchführung der Prüfungen

Das Ventil muss Spannungen und Strömen ausgesetzt werden, die Verluste ergeben, die 5 % größer sind als die im Betrieb unter festgelegten Betriebsbedingungen bei den strengsten Kühlbedingungen auftretenden. Die Prüfung muss nach Erreichen des thermischen Gleichgewichts 30 min fortgesetzt werden.

Es kann mehr als eine Prüfung erforderlich sein, um die Erwärmung einiger Bauelemente zu bestimmen, deren größte thermische Belastungen bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen auftreten können.

Um die Stromtragfähigkeit der Verbindungen (Sammelschienen) zwischen den antiparallelen Thyristoren nachzuweisen, muss die Prüfung mit einem kurzgeschlossenen Thyristorplatz wiederholt werden, z. B. Ersatz eines Thyristors durch einen Metaldummy.

ANMERKUNG Wenn die Temperatur des kritischen Teils der wärmeerzeugenden Bauelemente in der Praxis durch Messung nicht ermittelt werden kann, wie z. B. die Sperrschichttemperatur von Thyristoren oder die Elementetemperatur der Spannungsteiler-/Dämpfungswiderstände, darf eine Messung an einem geeigneten Punkt durchgeführt werden, aus der dann diese Temperatur abgeleitet werden kann.

6 Typprüfungen an TSC-Ventilen

6.1 Isolationsprüfungen zwischen Ventilanschlüssen und Erdpotential

6.1.1 Allgemeines

Bei diesen Prüfungen muss jedes Thyristorventil über den Ventilanschlüssen oder den einzelnen Thyristorplätzen kurzgeschlossen werden.

Bei Ventilen, die zu einem Mehrfachventil (MVU) gehören, müssen alle Ventile im selben Aufbau kurzgeschlossen und verbunden werden. Die Prüfspannung muss zwischen allen Ventilen und Erdpotential angelegt werden.

Zu weiteren detaillierten Anforderungen an den Prüfling siehe 4.4.1.1.

6.1.2 Wechsellspannungs-Gleichspannungs-Prüfung

6.1.2.1 Zweck

Siehe 4.2.2.2.

6.1.2.2 Prüfwerte und Kurvenformen

a) Prüfspannung U_{ts1} , 1 min

U_{ts1} hat eine sinusförmige Kurvenform, die einem Gleichspannungspegel überlagert ist. U_{ts1} muss nach der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$U_{ts1} = U_{tac1} + U_{tdc1} \quad (13)$$

$$U_{tac1} = k_{s1} \times k_d \times U_{ac1} \times \sin(2\pi ft) \quad (14)$$

$$U_{tdc1} = k_{s1} \times k_d \times U_{dcm1} \quad (15)$$

Dabei ist

U_{dcm1}	die höchste Gleichspannung, die nach dem Abschalten beliebiger schnellschaltender Entladungseinrichtungen, z. B. Überspannungsableiter (Abklingzeitkonstante kleiner als 100 ms), nach der Blockierung des Ventils infolge einer Netzstörung über der Kondensatorbatterie stehen bleibt;
U_{ac1}	der Spitzenwert der höchsten vorhergesagten Überspannung langer Dauer (ausschließlich der Gleichspannungskomponente), die zwischen jedem Ventilanschluss und Erdpotential auftreten kann;
k_{s1}	ein Prüfsicherheitsfaktor;
k_{s1}	= 1,3;
k_d	der Luftdichtekorrekturfaktor am Einbauort (siehe 4.4.1.2);
f	die Prüffrequenz (50 Hz oder 60 Hz, von den Prüfmöglichkeiten abhängig).

b) Prüfspannung U_{ts2} , 10 min

U_{ts2} hat eine sinusförmige Kurvenform (siehe 4.2.2). U_{ts2} muss wie folgt berechnet werden:

$$U_{ts2} = k_{s2} \times U_{ac2} \times \sin(2\pi ft) \quad (16)$$

Dabei ist

- U_{ac2} der Spitzenwert der höchsten Dauerbetriebsspannung, die zwischen jedem beliebigen Ventilanschluss und Erdpotential auftreten kann;
- k_{s2} ein Prüfsicherheitsfaktor;
- $k_{s2} = 1,15$;
- f die Prüffrequenz (50 Hz oder 60 Hz, von den Prüfmöglichkeiten abhängig).

6.1.2.3 Durchführung der Prüfungen

Die Prüfung besteht aus dem Anlegen der festgelegten Prüfspannungen U_{ts1} und U_{ts2} zwischen den beiden miteinander verbundenen Ventilanschlüssen und Erdpotential für die festgelegte Dauer.

- Die Spannung wird in etwa 10 Sekunden von 50 % auf 100 % von U_{ts1} erhöht.
- U_{ts1} wird für 1 Minute beibehalten.
- Die Spannung wird auf U_{ts2} verringert.
- U_{ts2} wird für 10 Minuten beibehalten, der Teilentladungspegel wird aufgezeichnet und die Spannung wird auf null verringert.
- Der Spitzenwert der periodischen Teilentladung, der während der letzten Minute von Schritt d) aufgezeichnet wurde, muss kleiner als 200 pC sein, vorausgesetzt, dass die Bauelemente im Ventil, die für die Teilentladung empfindlich sind, getrennt geprüft wurden, oder er muss kleiner als 50 pC sein, wenn sie nicht geprüft wurden.
- Die Messung der Einschalt- und Ausschaltspannung muss nach IEC 60270 für Wechselspannungsprüfungen durchgeführt werden.

6.1.2.4 Alternative Prüfungen

Die Prüfung mit zusammengesetzter Wechsel- und Gleichspannung darf durch eine Wechselspannungsprüfung und eine Gleichspannungsprüfung, die getrennt durchgeführt werden, ersetzt werden.

a) Wechselspannungsprüfung

Die Prüfung besteht aus dem Anlegen der festgelegten Prüfspannungen $U_{t1(ac)}$ und $U_{t2(ac)}$ zwischen den beiden miteinander verbundenen Ventilanschlüssen und Erdpotential für die festgelegte Dauer. $U_{t1(ac)}$ und $U_{t2(ac)}$ haben eine sinusförmige Kurvenform mit einer Frequenz von 50 Hz oder 60 Hz, die von den Prüfmöglichkeiten abhängt.

$$U_{t1(ac)} = k_{s1} \times k_d \times (U_{ac1} + U_{dcm1}) / \sqrt{2} \quad (17)$$

$$U_{t2(ac)} = k_{s2} \times U_{ac2} / \sqrt{2} \quad (18)$$

Zu Festlegungen siehe 6.1.2.2.

- Die Spannung wird in ungefähr 10 Sekunden von 50 % auf 100 % von $U_{t1(ac)}$ erhöht.
- $U_{t1(ac)}$ wird für 1 Minute beibehalten.
- Die Spannung wird auf $U_{t2(ac)}$ verringert.
- $U_{t2(ac)}$ wird für 10 Minuten beibehalten, der Teilentladungspegel wird aufgezeichnet und dann die Spannung auf null verringert.
- Der Spitzenwert der periodischen Teilentladung, der während der letzten Minute von Schritt d) aufgezeichnet wurde, muss kleiner als 200 pC sein, vorausgesetzt, dass die Bauelemente im Ventil, die für die Teilentladung empfindlich sind, getrennt geprüft wurden, oder er muss kleiner als 50 pC sein, wenn sie nicht geprüft wurden.
- Die Messung der Einschalt- und Ausschaltspannung muss nach IEC 60270 durchgeführt werden.

b) Gleichspannungsprüfung

Die Prüfung besteht aus dem Anlegen der festgelegten Prüfgleichspannung $U_{t1(dc)}$ zwischen den beiden miteinander verbundenen Ventilanschlüssen und Erdpotential für die festgelegte Dauer.

$$U_{t1(dc)} = k_{s1} \times k_d \sqrt{\left(\frac{U_{ac1}}{\sqrt{2}}\right)^2 + U_{dc1}^2} \quad (19)$$

Zu Festlegungen siehe 6.1.2.2.

Die Prüfung muss mit beiden Polaritäten der Gleichspannungskomponente durchgeführt werden.

- 1) Die Spannung wird in ungefähr 10 Sekunden von 50 % auf 100 % von $U_{t1(dc)}$ erhöht.
- 2) $U_{t1(dc)}$ wird für 1 Minute beibehalten.
- 3) Die Spannung wird auf null verringert.

6.1.3 Blitzstoßspannungsprüfung

6.1.3.1 Zweck

Siehe 4.2.2.2.

6.1.3.2 Prüfwerte und Kurvenformen

Es muss eine genormte 1,2/50-µs-Kurvenform nach IEC 60060 verwendet werden.

Der Spitzenwert der Prüfspannung muss entsprechend der Isolationskoordination der Station mit dem SVC-Ventil oder aus den genormten Blitz-Stehstoßspannungen nach IEC 60071-1, Tabelle 2 oder Tabelle 3, gewählt werden. Wenn letzteres Anwendung findet, muss die höchste Spannung der Sekundärseite des Transformators (Ventilseite) statt der höchsten Spannung am Ventil verwendet werden, um die entsprechende Blitzstoß-Prüfspannung zu wählen. Alternativ kann ein interpolierter Wert zwischen zwei aufeinander folgenden Werten aus der vorgenannten Tabelle als Prüfspannung verwendet werden.

6.1.3.3 Durchführung der Prüfungen

Die Prüfung muss aus drei Anwendungen der Blitzstoßspannung mit positiver Polarität und drei Anwendungen mit negativer Polarität zwischen Erdpotential und zwei miteinander verbundenen Ventilanschlüssen bestehen.

6.2 Isolationsprüfungen zwischen Ventilen (nur für MVU)

6.2.1 Allgemeines

Bei diesen Prüfungen muss jedes Thyristorventil über den Ventilanschlüssen oder den einzelnen Thyristorplätzen kurzgeschlossen werden.

Die Prüfungen müssen wiederholt werden, um die Isolierung zwischen zwei beliebigen Ventilen, die im selben Aufbau angeordnet sind, zu bestätigen, sofern nicht die geometrische Anordnung des MVU dies unmöglich macht.

Zu weiteren detaillierten Anforderungen an den Prüfling siehe 4.4.1.1.