

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>DIN EN 61954<br/>(VDE 0553-100)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>Diese Norm ist zugleich eine <b>VDE-Bestimmung</b> 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.</p> |  |
| <p>ICS 31.080.20</p> <p>Ersatz für<br/> <b>DIN EN 61954</b><br/> <b>(VDE 0553-100):2014-02</b><br/>         Siehe Anwendungsbeginn</p> <p><b>Statische Blindleistungskompensatoren (SVC) –<br/>         Prüfung von Thyristorventilen<br/>         (IEC 61954:2011 + A1:2013 + A2:2017);<br/>         Deutsche Fassung EN 61954:2011 + A1:2013 + A2:2017</b></p> <p>Static VAR compensators (SVC) –<br/>         Testing of thyristor valves<br/>         (IEC 61954:2011 + A1:2013 + A2:2017);<br/>         German version EN 61954:2011 + A1:2013 + A2:2017</p> <p>Compensateurs statiques de puissance réactive (SVC) –<br/>         Essais des valves à thyristors<br/>         (IEC 61954:2011 + A1:2013 + A2:2017);<br/>         Version allemande EN 61954:2011 + A1:2013 + A2:2017</p> <p>Gesamtumfang 51 Seiten</p> <p>DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                     |
|  <b>Documents</b><br>Document Sharing Hub                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                     |

## Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2011-05-26 angenommene Europäische Norm und die am 2013-05-31 angenommene Änderung A1 und die am 2017-05-17 angenommene Änderung A2 als DIN-Norm ist 2018-01-01.

Für **DIN EN 61954 (VDE 0553-100):2014-02** besteht eine Übergangsfrist bis 2020-05-17.

## Nationales Vorwort

*Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 61954/A2 (VDE 0553-100/A2):2016-02.*

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

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

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

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

**A1** Die Änderung A1 wurde in den Text eingearbeitet und durch einen senkrechten Strich und die Kennzeichnung „A1“ am linken Seitenrand markiert.

**A2** Die Änderung A2 wurde in den Text eingearbeitet und durch einen senkrechten Strich und die Kennzeichnung „A2“ am linken Seitenrand markiert.

## Änderungen

Gegenüber **DIN EN 61954 (VDE 0553-100):2014-02** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) normative Verweisungen und **Tabelle 2** wurden angepasst;
- b) die Deutsche Fassung wurde im **Abschnitt 2** an die aktuellen Standardtexte angepasst.

## Frühere Ausgaben

**DIN EN 61954 (VDE 0553-100): 2000-07, 2004-01, 2012-01, 2014-02**

## Nationaler Anhang NA (informativ)

### Zusammenhang mit europäischen und internationalen Dokumenten

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

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

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

Tabelle NA.1

| Europäisches Dokument        | Internationales Dokument      | Deutsches Dokument                                                                                            | Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk |
|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| EN 60060<br>(alle Teile)     | IEC 60060<br>(alle Teile)     | DIN EN 60060 (VDE 0432)<br>(alle Teile)                                                                       | VDE 0432                               |
| EN 60060-1                   | IEC 60060-1                   | DIN EN 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<br>(alle Teile)     | IEC 60071<br>(alle Teile)     | DIN EN 60071 (VDE 0111)<br>(alle Teile)                                                                       | VDE 0111                               |
| EN 60071-1:2006<br>+ A1:2010 | IEC 60071-1:2006<br>+ A1:2010 | DIN EN 60071-1<br>(VDE 0111-1):2006-11<br><i>ersetzt durch:</i><br><br>DIN EN 60071-1<br>(VDE 0111-1):2010-09 | VDE 0111-1<br><br>VDE 0111-1           |
| EN 60270                     | IEC 60270                     | DIN EN 60270 (VDE 0434)                                                                                       | VDE 0434                               |
| EN 60700-1:2015              | IEC 60700-1:2015              | DIN EN 60700-1<br>(VDE 0553-1):2016-07                                                                        | VDE 0553-1                             |

## Nationaler Anhang NB (informativ)

### Literaturhinweise

DIN EN 60060 (VDE 0432) (alle Teile), *Hochspannungs-Prüftechnik*

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

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

DIN EN 60071 (VDE 0111) (alle Teile), *Isolationskoordination*

DIN EN 60071-1 (VDE 0111-1):2010-09, *Isolationskoordination – Teil 1: Begriffe, Grundsätze und Anforderungen (IEC 60071-1:2006 + A1:2010); Deutsche Fassung EN 60071-1:2006 + A1:2010*

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

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

**Statische Blindleistungskompensatoren (SVC) –  
Prüfung von Thyristorventilen**  
(IEC 61954:2011 + A1:2013 + A2:2017)

Static VAR compensators (SVC) –  
Testing of thyristor valves  
(IEC 61954:2011 + A1:2013 + A2:2017)

Compensateurs statiques de puissance réactive  
(SVC) –  
Essais des valves à thyristors  
(IEC 61954:2011 + A1:2013 + A2:2017)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2011-05-26, die A1 am 2013-05-31 und die A2 am 2017-05-17 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

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

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

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



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

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

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

Ref. Nr. EN 61954:2011 + A1:2013 + A2:2017 D

## **Vorwort**

Der Text des Schriftstücks 22F/217/CDV, zukünftige 2. Ausgabe von IEC 61954, ausgearbeitet von dem SC 22F „Power electronics for electrical transmission and distribution systems“ des IEC/TC 22 „Power electronic systems and equipment“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2011-05-26 als EN 61954 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 61954:1999 + A1:2003.

EN 61954:2011 enthält die folgenden wesentlichen technischen Änderungen gegenüber EN 61954:1999 + A1:2003:

- a) Die Definitionen der Begriffe „Thyristorplatz“, „Ventilabschnitt“, „Ventilfußpunktelektronik“ und „redundante Thyristorplätze“ wurden zur Verdeutlichung geändert.
- b) Es wurden Bedingungen für die Prüfungen von Thyristorventilabschnitten anstatt von kompletten Thyristorventilen definiert.
- c) Die Anforderung, dass, wenn ein Thyristorplatz infolge einer Typprüfung kurzgeschlossen ist, der ausgefallene Thyristorplatz repariert und diese Typprüfung wiederholt werden muss, wurde hinzugefügt.
- d) Die Zeit, die Anfangsprüfspannung von 50 % auf 100 % während der Wechselspannungs-Isolationsprüfungen an TSC-, TCR- oder TSR-Ventilen anzuheben, wurde auf ungefähr 10 s gesetzt.
- e) Sowohl die Dauer der Prüfspannung  $U_{ts2}$  während der Wechselspannung-Gleichspannung-Isolationsprüfungen zwischen TSC-Ventilanschlüssen und Erdpotential als auch die Dauer  $U_{tv2}$  während der Isolationsprüfungen zwischen TSC-Ventilen (nur für MVU) wurden von 30 min auf 3 h geändert.
- f) Der Bezug auf die Anzahl der Impulse je Minute der periodischen Teilentladung, die während Wechselspannung-Gleichspannung-Isolationsprüfungen an TSC-Ventilen aufgezeichnet werden und die den erlaubten Pegel überschreiten, wurde entfernt.

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

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2012-02-26
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2014-05-26

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

## **Anerkennungsnotiz**

Der Text der Internationalen Norm IEC 61954:2011 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

## Vorwort zu A1

Der Text des Dokuments 22F/274/CDV, zukünftige IEC 61954:2011/A1, erarbeitet vom SC 22F „Power electronics for electrical transmission and distribution systems“ des IEC/TC 22 „Power electronic systems and equipment“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN 61954:2011/A1:2013 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2014-03-27
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2016-05-31

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

## Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61954:2011/A1:2013 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

## Europäisches Vorwort zu A2

Der Text des Dokuments 22F/409/CDV, zukünftige IEC 61954:2011/A2, erarbeitet vom SC 22F „Power electronics for electrical transmission and distribution systems“ des IEC/TC 22 „Power electronic systems and equipment“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN 61954:2011/A2:2017 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2018-02-17
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2020-05-17

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

## Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61954:2011/A2:2017 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

## Inhalt

Seite

|                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Vorwort.....                                                                                    | 2  |
| Vorwort zu A1 .....                                                                             | 3  |
| Europäisches Vorwort zu A2 .....                                                                | 3  |
| 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 Funktionsprüfungen.....                                                                   | 10 |
| 4.2.4 Prüfungen für elektromagnetische Störungen.....                                           | 11 |
| 4.2.5 Abnahmeprüfungen .....                                                                    | 11 |
| 4.2.6 Optionale Prüfungen .....                                                                 | 11 |
| 4.3 Leitlinien für die Durchführung von Typprüfungen und optionalen 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.....                                                       | 14 |
| 4.6.1 Anzufertigende Prüfberichte .....                                                         | 14 |
| 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 Allgemeines .....                                                                         | 15 |
| 5.1.2 Wechselspannungsprüfung .....                                                             | 16 |
| 5.1.3 Blitzstoßspannungsprüfung .....                                                           | 16 |
| 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 Isolationsprüfungen zwischen Ventilanschlüssen .....                                        | 18 |
| 5.3.1 Allgemeines .....                                                                         | 18 |
| 5.3.2 Wechselspannungsprüfung .....                                                             | 18 |
| 5.3.3 Schaltstoßspannungsprüfung.....                                                           | 20 |
| 5.4 Funktionsprüfungen.....                                                                     | 22 |

|       |                                                                       |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 5.4.1 | Prüfung mit periodischer Zündung und Löschung .....                   | 22 |
| 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 | Allgemeines .....                                                     | 24 |
| 6.1.2 | Wechselspannungs-Gleichspannungsprüfung .....                         | 24 |
| 6.1.3 | Blitzstoßspannungsprüfung .....                                       | 26 |
| 6.2   | Isolationsprüfungen zwischen Ventilen (nur für MVU) .....             | 27 |
| 6.2.1 | Allgemeines .....                                                     | 27 |
| 6.2.2 | Wechselspannungs-Gleichspannungsprüfung .....                         | 27 |
| 6.2.3 | Blitzstoßspannungsprüfung .....                                       | 29 |
| 6.3   | Isolationsprüfungen zwischen Ventilanschlüssen .....                  | 30 |
| 6.3.1 | Allgemeines .....                                                     | 30 |
| 6.3.2 | Wechselspannungs-Gleichspannungsprüfung .....                         | 30 |
| 6.3.3 | Schaltstoßspannungsprüfung .....                                      | 32 |
| 6.4   | Funktionsprüfungen .....                                              | 33 |
| 6.4.1 | Überstromprüfungen .....                                              | 33 |
| 6.4.2 | Prüfung der Mindestwechselspannung .....                              | 36 |
| 6.4.3 | Erwärmungsprüfung .....                                               | 37 |
| 7     | Prüfung der elektromagnetischen Störungen .....                       | 37 |
| 7.1   | Zweck .....                                                           | 37 |
| 7.2   | Durchführung der Prüfung .....                                        | 38 |
| 7.2.1 | Allgemeines .....                                                     | 38 |
| 7.2.2 | Schaltstoßspannungsprüfung .....                                      | 38 |
| 7.2.3 | Prüfung der nichtperiodischen Zündung .....                           | 38 |
| 8     | Abnahmeprüfungen .....                                                | 38 |
| 8.1   | Allgemeines .....                                                     | 38 |
| 8.2   | Sichtprüfung .....                                                    | 39 |
| 8.3   | Prüfung der Anschlüsse und Verbindungen .....                         | 39 |
| 8.4   | Prüfung der Spannungsteiler-/Dämpfungsstromkreise .....               | 39 |
| 8.5   | Prüfung der Spannungsfestigkeit .....                                 | 39 |
| 8.6   | Prüfung der Hilfseinrichtungen .....                                  | 39 |
| 8.7   | Zündprüfung .....                                                     | 39 |
| 8.8   | Prüfung des Kühlsystemdruckes .....                                   | 39 |
| 8.9   | Teilentladungsprüfungen .....                                         | 39 |
| 9     | Optionale 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 .....                                       | 40 |
| 9.2                                                                                                                                       | Positive Spannungstransiente während der Sperrverzögerungsprüfung..... | 41 |
| 9.2.1                                                                                                                                     | Zweck .....                                                            | 41 |
| 9.2.2                                                                                                                                     | Prüfwerte und Kurvenformen .....                                       | 41 |
| 9.2.3                                                                                                                                     | Durchführung der Prüfungen .....                                       | 41 |
| 9.3                                                                                                                                       | Prüfung der nichtperiodischen Zündung .....                            | 42 |
| 9.3.1                                                                                                                                     | Zweck .....                                                            | 42 |
| 9.3.2                                                                                                                                     | Prüfwerte und Kurvenformen .....                                       | 42 |
| 9.3.3                                                                                                                                     | Durchführung der Prüfungen .....                                       | 43 |
| 10                                                                                                                                        | Optionale Prüfungen an TSC-Ventilen .....                              | 43 |
| 10.1                                                                                                                                      | Positive Spannungstransiente während der Sperrverzögerungsprüfung..... | 43 |
| 10.1.1                                                                                                                                    | Zweck der Prüfung .....                                                | 43 |
| 10.1.2                                                                                                                                    | Prüfwerte und Kurvenformen .....                                       | 44 |
| 10.1.3                                                                                                                                    | Durchführung der Prüfungen .....                                       | 44 |
| 10.2                                                                                                                                      | Prüfung des nichtperiodischen Einschaltens .....                       | 44 |
| 10.2.1                                                                                                                                    | Zweck .....                                                            | 44 |
| 10.2.2                                                                                                                                    | Prüfwerte und Kurvenformen .....                                       | 44 |
| 10.2.3                                                                                                                                    | Durchführung der Prüfungen .....                                       | 46 |
| Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren<br>entsprechenden europäischen Publikationen ..... |                                                                        | 47 |
| <b>Bilder</b>                                                                                                                             |                                                                        |    |
| Bild 1 – TSC-Zweig .....                                                                                                                  |                                                                        | 34 |
| Bild 2 – Ein-Halbwellen-Überstrom .....                                                                                                   |                                                                        | 35 |
| Bild 3 – Zwei-Halbwellen-Überstrom .....                                                                                                  |                                                                        | 36 |
| <b>Tabellen</b>                                                                                                                           |                                                                        |    |
| Tabelle 1 – Verzeichnis der Prüfungen .....                                                                                               |                                                                        | 9  |
| Tabelle 2 – Anzahl der Thyristorplätze, die während der Typprüfungen ausfallen dürfen .....                                               |                                                                        | 15 |

## 1 Anwendungsbereich

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

IEC 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*

**A2** | **IEC 60071-1:2006**, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*  
IEC 60071-1:2006/AMD1:2010

**IEC 60270**, *High-voltage test techniques – Partial discharge measurements*

**A2** | **IEC 60700-1**, 2015, *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 Zum Zweck der Prüfung wird sie als Bestandteil des Ventils angesehen.

### **3.4**

#### **Ventilabschnitt**

elektrische Baugruppe, bestehend aus einer Anzahl Thyristoren und weiteren Bauelementen, die dieselben elektrischen Eigenschaften aufweist wie das vollständige Thyristorventil, jedoch nur einen Teil der vollständigen Spannungsperrfähigkeit 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**

#### **Ventilaufbau**

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** (en: multiple valve unit)

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

### **3.9**

#### **redundante Thyristorplätze**

maximale 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](#) verzeichnet die in den nachfolgenden Abschnitten angegebenen Prüfungen.

**Tabelle 1 – Verzeichnis der Prüfungen**

| Prüfung                                                                        | Unterabschnitt |       | Prüfgegenstand              |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------|-----------------------------|
|                                                                                | TCR/TSR        | TSC   |                             |
| Isolationsprüfungen zwischen Ventilanschlüssen und Erdpotential (Typprüfungen) |                |       |                             |
| Wechselspannungsprüfung                                                        | 5.1.2          |       | Ventil                      |
| Wechselspannungs-Gleichspannungsprüfung                                        |                | 6.1.2 | Ventil                      |
| Blitzstoßspannungsprüfung                                                      | 5.1.3          | 6.1.3 | Ventil                      |
| Isolationsprüfungen zwischen Ventilen (nur MVU) (Typprüfungen)                 |                |       |                             |
| Wechselspannungsprüfung                                                        | 5.2.2          |       | MVU                         |
| Wechselspannungs-Gleichspannungsprüfung                                        |                | 6.2.2 | MVU                         |
| Blitzstoßspannungsprüfung                                                      | 5.2.3          | 6.2.3 | MVU                         |
| Isolationsprüfungen zwischen Ventilanschlüssen (Typprüfungen)                  |                |       |                             |
| Wechselspannungsprüfung                                                        | 5.3.2          |       | Ventil                      |
| Wechselspannungs-Gleichspannungsprüfung                                        |                | 6.3.2 | Ventil                      |
| Schaltstoßspannungsprüfung                                                     | 5.3.3          | 6.3.3 | 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)                       |                |       |                             |
| Schaltstoßspannungsprüfung                                                     | 7.2.2          | 7.2.2 | Ventil                      |
| Prüfung mit nichtperiodischen Zündimpulsen                                     | 7.2.3          | 7.2.3 | Ventil                      |
| Abnahmeprüfungen                                                               |                |       |                             |
| Sichtprüfung                                                                   | 8.2            | 8.2   |                             |
| Verbindungsprüfung                                                             | 8.3            | 8.3   |                             |
| Prüfung der Spannungsteilerstromkreise                                         | 8.4            | 8.4   |                             |
| Prüfung der Spannungsfestigkeit                                                | 8.5            | 8.5   |                             |
| Prüfung der Hilfsausrüstungen                                                  | 8.6            | 8.6   |                             |
| Zündprüfung                                                                    | 8.7            | 8.7   |                             |
| Prüfung des Kühlsystemdruckes                                                  | 8.8            | 8.8   |                             |
| Teilentladungsprüfungen                                                        | 8.9            | 8.9   |                             |
| Optionale 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

### 4.2.1 Allgemeines

Die beschriebenen Prüfungen gelten für das Ventil (oder Ventilabschnitte), 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 Ventifußpunktelektronik können für den Nachweis der richtigen Arbeitsweise des Ventils während der Prüfung von Bedeutung sein, sind jedoch nicht selbst Gegenstand der Prüfungen.

### 4.2.2 Isolationsprüfungen

#### 4.2.2.1 Allgemeines

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.

#### 4.2.2.2 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 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;
- 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, 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;
- 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 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.)

### 4.2.3 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 unter festgelegten Bedingungen:

- 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.

#### 4.2.4 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.

#### 4.2.5 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.

#### 4.2.6 Optionale Prüfungen

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

### 4.3 Leitlinien für die Durchführung von Typprüfungen und optionalen Prüfungen

Es müssen nachfolgende 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 Typprüfungsprogramms muss das Ventil oder müssen 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 Isolationstypprüfungsprogramms durchgeführt werden.

## 4.4 Prüfbedingungen

### 4.4.1 Allgemeines

#### 4.4.1.1 Prüflinge für die Isolationsprüfungen

A2 | Isolationsprüfungen müssen an vollständig zusammengebauten Ventilen durchgeführt werden, wogegen einige Funktionsprüfungen 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 darstellt 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 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 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

Wenn es im entsprechenden Abschnitt festgelegt ist, muss die Korrektur für atmosphärische Bedingungen für die Prüfspannungen nach IEC 60060-1 angewendet werden. Die Bezugsbedingungen, für die 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 ( $b_{1\,000m}$ ) 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 ( $^{\circ}\text{C}$ ).

– Luftfeuchte: Auslegungswert der niedrigsten absoluten Feuchte in der Ventilhalle ( $\text{g/m}^3$ ).

Die anzuwendenden Werte müssen vom Lieferanten festgelegt werden.

Wo nicht genormte Prüfstufen durch die 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:

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

Dabei ist

$b_1$  der im Laboratorium herrschende Luftdruck, in Pa;

$T_1$  die Umgebungstemperatur im Laboratorium, in  $^{\circ}\text{C}$ ;

$b_2$  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, in °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 Lieferanten und dem Käufer vereinbarter Korrekturfaktor angewendet werden.

⚠ Die Korrekturfaktoren für atmosphärische Bedingungen sind für Funktionsprüfungen nicht anwendbar.

#### 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.