

DIN EN 61051-1

ICS 31.040.20

Entwurf

Einsprüche bis 2017-02-16
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 61051-1:2009-04

**Varistoren zur Verwendung in Geräten der Elektronik –
Teil 1: Fachgrundspezifikation
(IEC 40/2478/CD:2016)**

Varistors for use in electronic equipment –
Part 1: Generic specification
(IEC 40/2478/CD:2016)

Varistances utilisées dans les équipements électroniques –
Partie 1: Spécification générique
(IEC 40/2478/CD:2016)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-12-16 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 91 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	7
1 Allgemeines	8
1.1 Anwendungsbereich	8
1.2 Zweck	8
1.3 Normative Verweisungen	8
2 Technische Angaben.....	9
2.1 Einheiten, Symbole und Terminologie.....	9
2.2 Begriffe	10
2.3 Bevorzugte Werte und Eigenschaften	14
2.4 Kennzeichnung	14
2.4.1 Allgemeines	14
2.4.2 Kurzbezeichnung	14
3 Qualitätsbewertungsverfahren	14
3.1 Bauartanerkennung/Qualitätsbewertungssysteme	14
3.2 Primäre Fabrikationsstufe.....	15
3.3 Baulich ähnliche Bauelemente	15
3.4 Verfahren der Bauartanerkennung.....	15
3.5 Qualitäts-Konformitätsprüfung.....	16
3.5.1 Bestätigte Prüfberichte freigegebener Lose	16
3.5.2 Verzögerte Auslieferung	16
3.5.3 Freigabe zur Auslieferung vor Abschluss der Prüfungen der Prüfgruppe B	16
3.6 Alternative Prüfverfahren.....	16
3.7 Nicht geprüfte Eigenschaften	16
3.8 Kennlinien und Parameter als Anwendungsdaten	17
4 Prüf- und Messverfahren	17
4.1 Allgemeines	17
4.2 Normalklima.....	17
4.2.1 Normalklima für Prüfungen.....	17
4.2.2 Bedingungen für die Nachbehandlung	18
4.2.3 Schiedsbedingungen	18
4.2.4 Bezugsbedingungen.....	18
4.3 Trocknung und Nachbehandlung	18
4.4 Sichtprüfung und Prüfung der Maße	18
4.4.1 Sichtprüfung	18
4.4.2 Kennzeichnung.....	19
4.4.3 Maße (Lehrenmaße)	19
4.4.4 Maße (Einzelmaße).....	19
4.5 Allgemeine Anforderungen für elektrische Prüfungen.....	19

	Seite
4.6 Varistorspannung	20
4.7 Wartestrom	20
4.8 Kapazität	21
4.9 Spannungsprüfung (nur für isolierte Varistoren)	21
4.9.1 V-Block-Verfahren	21
4.9.2 Metallkugel-Verfahren	21
4.9.3 Folienverfahren	21
4.10 Isolationswiderstand (nur für isolierte Varistoren)	22
4.10.1 Prüfverfahren	22
4.10.2 Messungen und Anforderungen	22
4.11 Haltespannung/Klemmspannung	22
4.12 ESD-Haltespannung/ESD-Klemmspannung (nur für oberflächenmontierbare Varistoren für den ESD-Schutz)	23
4.13 Höchster Spitzenstrom	23
4.13.1 Anfangsmessungen	23
4.13.2 Prüfverfahren	23
4.13.3 Endprüfung, Messungen und Anforderungen	23
4.14 Bemessungswert der mittleren Verlustleistung	23
4.14.1 Anfangsmessungen	24
4.14.2 Prüfverfahren	24
4.14.3 Endprüfung, Messungen und Anforderungen	24
4.15 Bemessungsenergie	24
4.15.1 Anfangsmessungen	25
4.15.2 Prüfverfahren	25
4.15.3 Endprüfung, Messungen und Anforderungen	25
4.16 Entladung statischer Elektrizität (ESD) (nur für oberflächenmontierbare Kondensatoren für den ESD-Schutz)	26
4.16.1 Anfangsmessungen	26
4.16.2 Prüfverfahren	26
4.16.3 Endprüfung, Messungen und Anforderungen	26
4.17 Widerstandsfähigkeit der Anschlüsse	26
4.17.1 Allgemeines	26
4.17.2 Prüfung U_{a1} – Zug	26
4.17.3 Prüfung U_b – Biegen (eine Hälfte der Anschlüsse)	27
4.17.4 Prüfung U_c – Verdrehen (andere Hälfte der Anschlüsse)	27
4.17.5 Prüfung U_d – Drehmoment (bei Anschlüssen mit Gewindebolzen oder Schraubanschlüssen und bei integrierten Befestigungsmitteln)	27
4.17.6 Sichtprüfung	27
4.17.7 Endmessung	27
4.17.8 Widerstandsfähigkeit der Anschlüsse von oberflächenmontierbaren Varistoren	27

	Seite
4.18 Lötwärmebeständigkeit.....	28
4.18.1 Vorbehandlung	28
4.18.2 Prüfverfahren.....	28
4.18.3 Nachbehandlung	29
4.18.4 Endprüfung, Messungen und Anforderungen	29
4.19 Lötbarkeit.....	29
4.19.1 Prüfverfahren.....	29
4.19.2 Endprüfung, Messungen und Anforderungen	30
4.20 Rascher Temperaturwechsel	30
4.20.1 Anfangsmessung.....	30
4.20.2 Prüfverfahren.....	30
4.20.3 Endprüfung, Messungen und Anforderungen	30
4.21 Dauerschocken.....	30
4.21.1 Anfangsmessung.....	30
4.21.2 Prüfverfahren.....	30
4.21.3 Endprüfung, Messungen und Anforderungen	30
4.22 Schocken	30
4.22.1 Anfangsmessung.....	30
4.22.2 Prüfverfahren.....	31
4.22.3 Endprüfung, Messungen und Anforderungen	31
4.23 Schwingen	31
4.23.1 Anfangsmessung.....	31
4.23.2 Prüfverfahren.....	31
4.23.3 Endprüfung, Messungen und Anforderungen	31
4.24 Reihenfolge klimatischer Prüfungen.....	31
4.24.1 Anfangsmessung.....	31
4.24.2 Trockene Wärme	31
4.24.3 Feuchte Wärme, zyklisch, Prüfung Db, erster Zyklus	31
4.24.4 Kälte	32
4.24.5 Niedriger Luftdruck	32
4.24.6 Feuchte Wärme, zyklisch, Prüfung Db, restliche Zyklen.....	32
4.24.7 Endprüfung, Messungen und Anforderungen	32
4.25 Feuchte Wärme, konstant	32
4.25.1 Anfangsmessungen.....	32
4.25.2 Prüfverfahren.....	32
4.25.3 Endprüfung, Messungen und Anforderungen	33
4.26 Brandgefahr.....	33
4.27 Dauerprüfung bei oberer Kategorietemperatur	33
4.27.1 Prüfsystem.....	33

	Seite
4.27.2 Anfangsmessungen	34
4.27.3 Befestigung der Prüflinge	34
4.27.4 Prüfverfahren, Messungen und Anforderungen	34
4.28 Lösemittelbeständigkeit der Kennzeichnung	34
4.28.1 Prüfverfahren	34
4.28.2 Anforderungen	35
4.29 Lösemittelbeständigkeit des Bauelements	35
4.29.1 Anfangsmessungen	35
4.29.2 Prüfverfahren	35
4.29.3 Messungen und Anforderungen	35
4.30 Montage (nur für oberflächenmontierbare Varistoren)	35
Anhang A (normativ) Regeln für die Erstellung von Bauartspezifikationen für Kondensatoren und Widerstände zur Verwendung in Geräten der Elektronik	38
Anhang B (normativ) Prüfpulse nach dieser Spezifikation	39
B.1 Arten von Prüfpulsen	39
B.1.1 Impulsart 1	39
B.1.2 Impulsart 2 (Rechteckimpuls)	39
B.1.3 Impulsart 3 (ESD-Entladeimpuls)	39
B.2 Begriffe	40
B.3 Toleranzen für die Impulse	42
Anhang C (informativ) Empfohlene Mess-/Prüfverfahren für Kennlinien und Parameter als Anwendungsdaten	44
C.1 Spannungs-Strom-Kennlinie	44
C.2 Derating-Kennlinie des höchsten Spitzenstromes	45
C.2.2 Ausfallkriterien	45
C.2.3 Lebensdauerprüfung unter Impulsbedingungen	45
C.3 Wärmewiderstand (nur für Varistoren mit Anschlussleitern)	47
C.3.1 Prüfsystem	47
C.3.2 Montage des Prüflings	47
C.3.3 Prüfverfahren	48
C.4 Überspannungsfestigkeitsdauer	48
C.4.1 Prüfsystem	48
C.4.2 Prüfverfahren	49
C.4.3 Anforderungen	49
Bilder	
Bild 1 – Montageverfahren für die Messungen an oberflächenmontierbaren Varistoren	36
Bild B.1 – Form eines Stoßstromes der Impulsart 1	39
Bild B.2 – Form einer Stoßspannung der Impulsart 1	40
Bild B.3 – Form der Impulsart 2	41
Bild B.4 – Form der Impulsart 3	42

	Seite
Bild C.1 – Derating-Kennlinie des höchsten Spitzenstroms	47
Tabellen	
Tabelle 1 – Normalklima	18
Tabelle 2 – Kraft an Drahtanschlüssen	26
Tabelle 3 – Drehmoment	27
Tabelle 4 – Anzahl der Zyklen	32
Tabelle B.1 – Zulässige Abweichungen zwischen festgelegten und aufgezeichneten Impulswerten.....	42
Tabelle B.2 – Toleranzen für Impulsart 3	43

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 40/2478/CD:2016 „Varistors for use in electronic equipment – Part 1: Generic specification“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 40 „Capacitors and resistors for electronic equipment“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

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

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

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 614 „Temperatur- und spannungsabhängige Widerstände“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

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. ISO [und/oder] IEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 61051-1:2009-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Alle Abschnitte wurden unter Berücksichtigung des gesamten Inhalts der vorherigen Ausgabe entsprechend den aktuellen Anforderungen an Form und Gestaltung überarbeitet;
- b) die deutsche Fassung wurde in den Abschnitten 2 und 3 an die aktuellen Standardtexte angepasst.

Varistoren zur Verwendung in Geräten der Elektronik – Teil 1: Fachgrundspezifikation

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 61051 gilt für Varistoren mit symmetrischer Spannungs-Strom-Kennlinie zur Verwendung in Geräten der Elektronik.

1.2 Zweck

Zweck dieser Norm ist die Festlegung von Begriffen, Prüfverfahren und -methoden für die Anwendung in Rahmen- und Bauartspezifikationen für die Bauartanerkennung und Qualitätsbewertungssysteme für elektronische Bauelemente.

1.3 Normative Verweisungen

BEMERKUNGEN Herr Michael Fluege hat festgestellt, dass viele der folgenden zitierten Dokumente veraltet sind. Der Convenor beabsichtigt, die entsprechenden Aktualisierungen eingehend zu überprüfen und eine Bewertung der möglichen Übernahme der neuesten Ausgaben vorzunehmen.

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 60027 (alle Teile), *Letter symbols to be used in electrical technology*

IEC 60050 (alle Teile), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*

IEC 61000-4-2:2008, *Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 60062:2004, *Marking codes for resistors and capacitors*

IEC 60068-1:1988, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*
Amendment 1 (1992)

IEC 60068-2-1:2007, *Environmental testing – Part 2-1: Tests – Test A: Cold*

IEC 60068-2-2:1974, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Tests B: Dry heat*
Amendment 1 (1993)
Amendment 2 (1994)

IEC 60068-2-6:1995, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc and guidance: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-13:1983, *Environmental testing – Part 2-13: Tests – Test M: Low air pressure*

IEC 60068-2-14:1984, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*
Amendment 1 (1986)

IEC 60068-2-20:1979, *Environmental testing – Part 2-20: Tests – Test T: Soldering*
Amendment 2 (1987)

IEC 60068-2-21:2006, *Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices*

- IEC 60068-2-27:1987, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*
- IEC 60068-2-29:1987, *Environmental testing – Part 2-29: Tests – Test Eb and guidance: Bump*
- IEC 60068-2-30:2005, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)*
- IEC 60068-2-45:1980, *Environmental testing – Part 2-45: Tests – Test XA and guidance – Immersion in cleaning solvents*
- IEC 60068-2-54:2005, *Environmental testing – Part 2-54: Tests – Test Ta: Solderability testing of electronic components by the wetting balance method*
- IEC 60068-2-58:2004, *Environmental testing – Part 2-58: Tests – Test Td: Test methods for solderability, resistance to dissolution of metallization and to soldering heat of surface mounting devices (SMD)*
- IEC 60068-2-69:1995, *Environmental testing – Part 2-69: Tests – Test Te: Solderability testing of electronic components for surface mount technology by the wetting balance method*
- IEC 60068-2-78:2001, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*
- IEC 60294:1969, *Measurement of the dimensions of a cylindrical component having two axial terminations*
- IEC 61193-2:2007, *Quality assessment systems – Part 2: Selection and use of sampling plans for inspection of electronic components and packages*
- IEC 60617:2007, *Graphical symbols for diagrams*
- IEC 60695-11-5:2004, *Fire hazard testing – Part 11-5: Test flames – Needle-flame test method – Apparatus, confirmatory test arrangement and guidance*
- IEC 60717:1981, *Method for the determination of the space required by capacitors and resistors with unidirectional terminations*
- IEC 61249-2-7:2002, *Materials for printed boards and other interconnecting structures – Part 2-7: Reinforced base materials clad and unclad – Epoxide woven E-glass laminated sheet of defined flammability (vertical burning test), copper-clad*
- IEC QC 001002-3, siehe <http://www.iecq.org>
- ISO 1000:1992, *SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units*
Amendment 1 (1998)

2 Technische Angaben

2.1 Einheiten, Symbole und Terminologie

Einheiten, grafische Symbole, Formelzeichen und die Terminologie müssen möglichst den folgenden Normen entnommen werden:

- IEC 60027
- IEC 60050
- IEC 60617
- ISO 1000

Wenn weitere Angaben benötigt werden, sind diese nach den Grundsätzen der vorstehend genannten Dokumente zu bilden.

2.2 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

2.2.1

Bauart

Gruppe von Bauelementen mit gleichen Konstruktionsmerkmalen, die aufgrund ähnlicher Herstellungstechniken für die Bauartanerkennung oder für die Qualitäts-Konformitätsprüfung zusammengefasst werden können

Sie werden im Allgemeinen von einer gemeinsamen Bauartspezifikation erfasst.

Anmerkung 1 zum Begriff: Bauelemente nach verschiedenen Bauartspezifikationen dürfen manchmal als zur gleichen Bauart gehörig betrachtet und daher für die Bauartanerkennung und Qualitäts-Konformitätsprüfung zusammengefasst werden.

2.2.2

Bauform

Untergruppe einer Bauart, deren Unterscheidungsmerkmal im Allgemeinen die Maße sind und die mehrere Ausführungsformen umfassen kann, die sich im Allgemeinen durch mechanische Einzelheiten unterscheiden

2.2.3

Varistor (spannungsabhängiger Widerstand – en: voltage dependent resistor, VDR)

(grafisches Symbol: Z)

Bauelement, dessen Leitwert bei einer bestimmten Temperatur innerhalb eines gegebenen Strombereichs stark mit der Spannung ansteigt. Diese Eigenschaft wird durch die folgenden Gleichungen ausgedrückt:

$$U = CI^\beta \quad (1)$$

oder

$$I = AU^\gamma \quad (2)$$

Dabei ist

- I der Strom durch den Varistor;
- U die Spannung über dem Varistor;
- β der Nichtlinearitäts-Stromindex;
- γ der Nichtlinearitäts-Spannungsindex;
- A und C Konstanten.

Anmerkung 1 zum Begriff: In Industrie und Literatur wird der Nichtlinearitäts-Spannungsindex des Varistors üblicherweise mit α anstelle von γ bezeichnet.

2.2.4

Nichtlinearitäts-Stromindex β

ausgehend von Gleichung (1) in 2.2.3 ist er bestimmt durch die Gleichung

$$\beta = \frac{I}{U} \times \frac{dU}{dI} \quad (3)$$

Zur Vereinfachung der Berechnung darf die folgende Gleichung angewendet werden:

$$\beta = \frac{\lg(U_1/U_2)}{\lg(I_1/I_2)} \quad (4)$$

β ist stets kleiner als 1.

2.2.5

Nichtlinearitäts-Spannungsindex γ

Kehrwert des Nichtlinearitäts-Stromindex β , wobei γ stets größer als 1 ist

2.2.6

Varistoren mit Anschlussleitern

Varistoren, die mittels Anschlussdrähten oder elektrisch leitenden Platten oder Schraubanschlüssen mit elektrischen Schaltungen verbunden werden

2.2.7

oberflächenmontierbare Varistoren (en: surface mount varistors, SMV)

Varistoren ohne Anschlussleiter, die unter Anwendung der Oberflächenmontagetechnik auf elektrische Schaltungen aufgebracht werden

2.2.8

höchste Dauerwechselspannung U_{RMS}

höchster Effektivwert einer im Wesentlichen sinusförmigen Wechselspannung (Gesamt-Oberschwingungsverzerrung kleiner als 5 %), die unter Bedingungen des Dauerbetriebes bei 25 °C am Bauelement anliegen darf. Für Temperaturen über 25 °C müssen in der Bauartspezifikation ausführliche Angaben über die Anforderung an die Lastminderung enthalten sein.

Üblicherweise beträgt der Wert dieser Spannung das 1,1-Fache der Versorgungsspannung.

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Scheitelwert dieser Spannung muss üblicherweise gleich oder kleiner als der untere Toleranzgrenzwert der Varistorspannung sein.

2.2.9

höchste Dauergleichspannung U_{DCM}

Höchstwert der Gleichspannung (Welligkeit kleiner als 5 %), der unter Bedingungen des Dauerbetriebes bei einer Umgebungstemperatur von 25 °C am Bauelement anliegen darf. Für Temperaturen über 25 °C müssen in der Bauartspezifikation ausführliche Angaben über die Anforderung an die Lastminderung enthalten sein.

Anmerkung 1 zum Begriff: Da die Verlustleistung im Varistor bei der höchsten Dauergleichspannung näherungsweise der Verlustleistung bei der höchsten Dauerwechselspannung entsprechen muss, beträgt der Höchstwert der Dauergleichspannung das 1,3-Fache der höchsten Dauerwechselspannung.

2.2.10

Versorgungsspannung U_{S}

Spannung, die für das System kennzeichnend ist und auf die bestimmte Betriebskennwerte des Systems bezogen werden

2.2.11

Varistorspannung U_{V}

Spannung, die bei einem festgelegten Gleichstrom (auch als Bezugsgleichstrom bezeichnet) als Bezugspunkt in der Kennlinie des Bauelementes verwendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Sofern nicht anders festgelegt, beträgt der Bezugsgleichstrom 1 mA.

2.2.12

Grenzspannung

Scheitelwert der Spannung, die an den Anschlüssen des Varistors auftritt, wenn er mit einem festgelegten Stoßstrom beansprucht wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Sofern nicht anders festgelegt, ist die Spannungsspitze zu Beginn des Stoßstromes von der Grenzspannung ausgenommen; diese Spannungsspitze ist auf die Verzögerung des resistiven Stromes im Varistor infolge der Aufladung der Varistorkapazität zurückzuführen.

2.2.13**Haltespannung/Klemmspannung U_{CLP}**

Grenzspannung bei Normalklima, wenn der Varistor einen 8/20-Stoßstrom führt

2.2.14**Entladung statischer Elektrizität (ESD) (nur bei oberflächenmontierbaren Varistoren für den ESD-Schutz)**

Übertragung elektrischer Ladung zwischen Körpern verschiedenen Potentials bei deren Annäherung oder direkter Berührung

Es gibt zwei Verfahren für die ESD-Prüfung:

Kontaktentladung: Ein Prüfverfahren, bei dem der Kontakt der Elektrode des ESD-Impulsgenerators mit dem oberflächenmontierbaren Varistor beibehalten und die Entladung durch den im Generator befindlichen Entladungsschalter ausgelöst wird.

Luftentladung: Ein Prüfverfahren, bei dem die Elektrode des ESD-Impulsgenerators nahe an den oberflächenmontierbaren Varistor herangeführt wird und die Entladung durch einen Funkenüberschlag auf den oberflächenmontierbaren Varistor erfolgt.

2.2.15**ESD-Haltespannung/ESD-Klemmspannung (nur bei oberflächenmontierbaren Varistoren für den ESD-Schutz)**

Spitzenwert der Spannung, die sich über den Anschlüssen des Varistors entwickelt und bei 30 ns nach Beginn eines Impulses von 30 A/8 kV, wie in IEC 61000-4-2 definiert, gemessen wird (Kontaktentladung) (siehe auch Anhang B)

2.2.16**Isolationsspannung U_{ISO} (nur bei isolierten Varistoren)**

höchster Scheitelwert der Spannung, der unter den Bedingungen des Dauerbetriebes zwischen den Anschlüssen des Varistors und einer leitenden Montageoberfläche anstehen darf

2.2.17**Wartestrom I_L**

Strom durch den Varistor bei der höchsten Gleichspannung und bei einer Temperatur von 25 °C oder einer anderen festgelegten Temperatur

2.2.18**höchster Spitzenstrom I_{Pm}**

Höchstwert des Stromes eines Impulses bei einer bestimmten Anzahl von Impulsen, der von einem Varistor bei einer Umgebungstemperatur von 25 °C geführt werden kann

2.2.19**äquivalente Dauer eines Rechteckimpulses τ**

normierte Dauer eines einseitig gerichteten Impulses, die dem Quotienten aus der Fläche unter der Impulswelle und der Impulsspitze entspricht

2.2.20**Derating-Kennlinie des höchsten Spitzenstroms**

Kennlinienkurve oder mathematische Gleichung, die die Verringerung des höchsten Spitzenstroms I_{Pm} mit zunehmender äquivalenter Dauer eines Rechteckimpulses τ und zunehmender Anzahl der periodischen Impulse n , mit denen der Varistor bei einer Umgebungstemperatur von 25 °C beansprucht werden kann, angibt

2.2.21**Stromklasse I_{CLS}**

Scheitelwert des Stromes, der 1/10 des höchsten Spitzenstromes für 100 Impulse des 8/20-Stoßstromes mit einem Zeitintervall von 30 s beträgt

2.2.22**Puls oder Impuls**

einseitig gerichtete Welle der Spannung oder des Stroms ohne nennenswerte Schwingungen (siehe Anhang B)

Anmerkung 1 zum Begriff: In IEC 60060-2 wird das (engl.) Wort „impulse“ verwendet, jedoch wird für diese Spezifikation nur das (engl.) Wort „pulse“ verwendet.

2.2.23**Bemessungswert der mittleren Verlustleistung P_M**

höchste mittlere Verlustleistung bei periodischen Impulsen, mit der der Varistor bei einer Umgebungstemperatur von 25 °C belastet werden darf

BEMERKUNGEN: Änderungsvorschlag von Herrn Michael Fluege: Höchste mittlere Verlustleistung in der periodischen Betriebsart bei einer Umgebungstemperatur von 25 °C. Herr Danfeng Sun aber meint, die Bedeutung von „repetitive operation mode“ sei unklar verglichen mit dem Begriff „repetitive pulses“ im ursprünglichen Text.

2.2.24**Bemessungsenergie E_M**

höchste Impulsenergie, der der Varistor einmal standhalten kann, wenn er bei einer Umgebungstemperatur von 25 °C mit einem 10/1000-Stoßstrom oder einem Rechteckimpuls von 2 ms Dauer beansprucht wird

2.2.25**Überspannungsfestigkeitsdauer**

Dauer, während der der Varistor einer über ihm anliegenden anormalen Überspannung ohne irreversiblen Durchschlag standhalten kann

BEMERKUNGEN: Herr Michael Fluege schlägt vor, den oben angegebenen Begriff 2.2.25 ersatzlos zu streichen, da es sich um einen Parameter handelt, der nach 3.8 nicht in Prüfberichten gefordert wird. Herr Danfeng Sun meint, es sei immer notwendiger geworden, einen neuen Parameter zur Bewertung der Festigkeit von Varistoren gegenüber zeitweiligen Überspannungen (TOV) einzuführen, insbesondere von Varistoren, die an Spannungsquellen angeschlossen werden, in denen zeitweilige Überspannungen zwangsläufig auftreten. Ausfälle von Varistoren, die durch zeitweilige Überspannungen verursacht werden, sind heutzutage ein ernsthaftes Problem in ihren Anwendungen, und daher werden im Unternehmen häufig Temperatursicherungen/-schalter mit Varistoren eingesetzt, und die Technik des thermischen Backup-Schutzes erfordert zuverlässige Bezugsdaten in der Konstruktion.

2.2.26**Kategorietemperaturbereich**

Bereich der Umgebungstemperaturen, für den der Varistor für den Dauerbetrieb ausgelegt ist; dieser Bereich ist durch die Temperaturgrenzwerte der jeweiligen Klimakategorie festgelegt

2.2.27**obere Kategorietemperatur**

höchste Umgebungstemperatur, für die ein Varistor für den Dauerbetrieb ausgelegt ist

2.2.28**untere Kategorietemperatur**

niedrigste Umgebungstemperatur, für die ein Varistor für den Dauerbetrieb ausgelegt ist

2.2.29**Temperatur-Deratingkurve**

Kurve, die die Verringerung einzelner Parameter von Varistoren mit steigender Umgebungstemperatur angibt

Anmerkung 1 zum Begriff: In der Bauartspezifikation müssen die Temperatur-Deratingkurven für die höchste Dauerwechselspannung und/oder Dauergleichspannung, den Bemessungswert der mittleren Verlustleistung und weitere Parameter, die mit steigender Temperatur abnehmen, angegeben werden.

2.2.30**Wärmewiderstand**

Quotient aus der Erwärmung des Varistorelementes über die Umgebungstemperatur und der aufgetragenen Leistung

2.2.31**Kombinationsimpuls**

Impuls mit einer Spannung der Form $1,2/50$ und einem Strom der Form $8/20$, der als das Verhältnis „Scheitelspannung/Scheitelstrom“ ausgedrückt wird (siehe Anhang B)

2.3 Bevorzugte Werte und Eigenschaften

In jeder Rahmenspezifikation müssen die bevorzugten Werte festgelegt sein, die für die Unterfamilie entsprechend dieser Rahmenspezifikation geeignet sind.

2.4 Kennzeichnung**2.4.1 Allgemeines**

Die in die Kennzeichnung aufzunehmenden Angaben werden üblicherweise aus der nachstehenden Liste ausgewählt. Die Reihenfolge ihrer Wichtigkeit entspricht ihrer Stellung in der Liste:

- a) Höchste Dauerwechselspannung oder Nennspannung des Varistors;
- b) Herstellungsdatum;
- c) Nummer der Bauartspezifikation und Bauform;
- d) Name oder Firmenzeichen des Herstellers.

Der Varistor ist deutlich mit den Angaben nach a) aus der vorstehenden Liste und so vielen der übrigen Angaben wie möglich zu kennzeichnen. Jede Angabe sollte in der Kennzeichnung auf dem Varistor nur einmal enthalten sein.

Bei sehr kleinen Bauelementen müssen die entsprechenden Anforderungen in der Rahmenspezifikation festgelegt sein.

Auf der Verpackung der Varistoren sind alle vorstehend aufgeführten Angaben deutlich anzubringen.

Jede zusätzliche Kennzeichnung ist so anzubringen, dass keine Unklarheiten auftreten können.

2.4.2 Kurzbezeichnung

Wenn eine Kurzbezeichnung angegeben wird, ist dafür vorzugsweise eines der Verfahren aus IEC 60062 zu wählen.

3 Qualitätsbewertungsverfahren**3.1 Bauartanerkennung/Qualitätsbewertungssysteme**

Wenn diese Dokumente im Rahmen eines vollständigen Qualitätsbewertungssystems wie dem IEC-Qualitätsbewertungssystem für Bauelemente der Elektronik (IECQ), mit Bauartanerkennung und Qualitätskonformitätsprüfung, verwendet werden, ist die Einhaltung der Verfahren nach 3.4 und 3.5 erforderlich.

Wenn diese Dokumente außerhalb derartiger Qualitätsbewertungssysteme, z. B. dem IECQ-System, für Zwecke wie Konstruktionsüberprüfung oder Typprüfung verwendet werden, so dürfen die Verfahren und Anforderungen nach 3.4.1 und 3.4.2 b) angewendet werden, jedoch müssen die Prüfungen und Prüfabschnitte in der in den Prüfplänen festgelegten Reihenfolge durchgeführt werden.

3.2 Primäre Fabrikationsstufe

Für die Spezifikationen für Varistoren ist die primäre Fabrikationsstufe das Mischen der Ausgangsstoffe.

3.3 Baulich ähnliche Bauelemente

Varistoren, die in den Anwendungsbereich dieser Spezifikation gehören, dürfen für die Bildung der Prüflose als baulich ähnlich zusammengefasst werden, sofern die folgenden Anforderungen erfüllt werden.

- a) Sie müssen vom gleichen Hersteller in der gleichen Fertigungsstätte unter Verwendung gleichartiger Konstruktionen, Werkstoffe, Fertigungsabläufe und Verfahren hergestellt sein.
- b) Für elektrische Prüfungen dürfen Bauelemente mit gleichen elektrischen Kennwerten zusammengefasst werden, sofern das Element, welches die Kenngröße bestimmt, für alle betreffenden Bauelemente ähnlich ist.
- c) Für Umgebungsprüfungen dürfen Bauelemente mit gleicher Umhüllungsart, innerer Grundstruktur und Oberflächenbehandlung zusammengefasst werden.
- d) Für Sichtprüfungen (mit Ausnahme der Kennzeichnung) dürfen Bauelemente zusammengefasst werden, die auf der gleichen Fertigungslinie hergestellt wurden und die gleichen Maße, gleiche Umhüllungsart und Oberflächenbehandlung haben.

Diese Zusammenfassung darf auch bei der Prüfung der Widerstandsfähigkeit der Anschlüsse und den Lötprüfungen angewendet werden, sofern es für Bauelemente mit unterschiedlichem Innenaufbau angebracht ist (siehe c)).

- e) Für Dauerprüfungen dürfen Bauelemente zusammengefasst werden, wenn sie nach dem gleichen Fertigungsverfahren am selben Fertigungsort hergestellt wurden, die gleiche Konstruktion besitzen und sich nur in den elektrischen Kennwerten unterscheiden. Wenn nachgewiesen werden kann, dass ein Typ aus der Gruppe stärker beansprucht wird als die anderen, dann dürfen die Prüfungen an diesem Typen für die anderen Prüflinge der Gruppe gewertet werden.

3.4 Verfahren der Bauartanerkennung

Der Hersteller muss

- die allgemeinen Anforderungen hinsichtlich der Verfahrensregeln für die Bauartanerkennung erfüllen (IEC QC 001002-3, Abschnitt 3);
- die Anforderungen an die primäre Fabrikationsstufe nach 3.2 erfüllen.

Zusätzlich zu den angegebenen Verfahrensanforderungen gelten die nachfolgenden Anforderungen nach a) oder b).

- a) Der Hersteller muss durch Prüfung den Nachweis liefern, dass die Konformität mit den Anforderungen der Spezifikation an drei Prüflosen bei der losweisen Prüfung, die in kürzestmöglicher Zeit durchgeführt werden, und an einem Los bei der periodischen Prüfung gegeben ist. In der Zeitspanne, in der die Prüflose entnommen werden, dürfen keine wesentlichen Änderungen des Produktionsprozesses vorgenommen werden.

Aus den Losen sind Stichproben nach IEC 61193-2 zu entnehmen. Es ist die normale Prüfung anzuwenden; wenn jedoch die Stichprobengröße eine Annahme bei null Fehlern ergeben würde, sind zusätzliche Prüflinge für eine Stichprobengröße zu nehmen, die für eine Annahme bei einem Fehler gefordert ist.

- b) Der Hersteller muss durch Prüfung den Nachweis liefern, dass die Konformität mit den Anforderungen der Spezifikation nach dem in der Rahmenspezifikation angegebenen Prüfplan mit fester Stichprobengröße gegeben ist.

Die zur Bildung der Stichprobe entnommenen Prüflinge müssen zufällig aus der laufenden Fertigung oder entsprechend der Vereinbarung mit der nationalen Überwachungsstelle ausgewählt werden.

Die im Rahmen des Qualitätsbewertungssystems erteilte Bauartanerkennung muss durch regelmäßigen Nachweis der Einhaltung der Anforderungen an die Qualitäts-Konformität (siehe 3.5) aufrechterhalten werden. Anderenfalls ist diese Bauartanerkennung nach den Regeln für die Aufrechterhaltung der Bauart-

anerkennung zu überprüfen, die in den Verfahrensregeln des IEC-Qualitätsbewertungssystems für Bauelemente der Elektronik angegeben sind (IEC QC 001002-3, 3.1.7).

3.5 Qualitäts-Konformitätsprüfung

Der zur Rahmenspezifikation gehörende Vordruck für Bauartspezifikation muss den Prüfplan für die Qualitäts-Konformitätsprüfungen festlegen.

Für die losweise und die periodisch durchzuführenden Prüfungen muss er auch die Zusammenstellung von Prüfgruppen, die Stichprobenentnahme und die Häufigkeit vorschreiben.

Die Prüfniveaus und annehmbaren Qualitätsgrenzlagen (AQLs) müssen nach IEC 60410 ausgewählt werden. Wenn notwendig, darf mehr als ein Prüfplan festgelegt werden.

3.5.1 Bestätigte Prüfberichte freigegebener Lose

Wenn in der entsprechenden Spezifikation bestätigte Prüfberichte für freigegebene Lose vorgeschrieben sind und von einem Käufer gefordert werden, müssen sie mindestens folgende Angaben enthalten:

- Attributangaben (d. h. Anzahl der geprüften Bauelemente und Anzahl nichtkonformer Bauelemente) für Prüfungen in den Untergruppen, die von der periodischen Prüfung erfasst werden, ohne Angabe der Parameter, die zur Zurückweisung führten;
- Variablenangaben für die Änderung von Spannung oder Strom nach einer Dauerprüfung, die in der Rahmenspezifikation festgelegt ist.

3.5.2 Verzögerte Auslieferung

Varistoren, die länger als zwei Jahre (wenn in der Rahmenspezifikation nicht anders festgelegt) nach Freigabe des Loses gelagert wurden, müssen vor der Auslieferung erneut einer Sichtprüfung unterzogen sowie auf Lötbarkeit und Spannung bei einem Wartestrom von 1 mA überprüft werden, wie es für Gruppe A oder Gruppe B in der Bauartspezifikation festgelegt ist.

Da der Effekt der Spannungs- oder Stromänderung von der Art des Varistors, dessen Wert und Anfangstoleranz abhängt, muss das vom Hauptprüfer des Herstellers angewendete Verfahren zur Sicherstellung, dass die Anforderung an die Varistorspannung und/oder den Wartestrom erfüllt ist, von der nationalen Überwachungsstelle anerkannt sein.

Sobald ein Los mit zufriedenstellendem Ergebnis erneut geprüft ist, wird seine Qualität für den festgelegten Zeitraum erneut bestätigt.

3.5.3 Freigabe zur Auslieferung vor Abschluss der Prüfungen der Prüfgruppe B

Wenn die Bedingungen nach IEC 61193-2 für den Übergang auf die reduzierte Prüfung für alle Prüfungen der Prüfgruppe B erfüllt sind, darf der Hersteller die Bauelemente vor Abschluss dieser Prüfungen freigeben.

3.6 Alternative Prüfverfahren

Die in der entsprechenden Spezifikation angegebenen Prüf- und Messverfahren sind nicht unbedingt die einzigen Verfahren, die angewendet werden können. Der Hersteller muss der nationalen Überwachungsstelle jedoch nachweisen, dass ein von ihm angewandtes alternatives Prüfverfahren zu den gleichen Ergebnissen führt wie ein festgelegtes Verfahren. Bei Unstimmigkeiten dürfen als Schieds- und Bezugsverfahren nur die festgelegten Verfahren angewendet werden.

3.7 Nicht geprüfte Eigenschaften

Nur die Eigenschaften eines Bauelements, die in einer Bauartspezifikation festgelegt und geprüft worden sind, können als den vorgeschriebenen Grenzwerten entsprechend angenommen werden.

Es sollte nicht angenommen werden, dass Eigenschaften, die nicht festgelegt sind, sich von Bauelement zu Bauelement nicht unterscheiden. Wenn aus irgendeinem Grund die Überprüfung weiterer Eigenschaften erforderlich ist, dann sollte eine neue, erweiterte Spezifikation herangezogen werden.

Die zusätzliche(n) Prüfverfahren muss (müssen) vollständig beschrieben sein, und die zugehörigen Grenzwerte, AQLs und Prüfniveaus sind festzulegen.

3.8 Kennlinien und Parameter als Anwendungsdaten

Hersteller von Varistoren müssen Anwendern die Kennlinien und Parameter als Anwendungsdaten zur Verfügung stellen, die von ihnen benötigt werden, aber nicht unbedingt in Prüfverfahren gefordert sein müssen, wie z. B. Spannungs-Strom-Kennlinie, Derating-Kennlinie des höchsten Spitzenstroms, Widerstand und Überspannungsfestigkeitsdauer. Die empfohlenen Prüf-/Messverfahren für diese Kennlinien und Parameter sind in Anhang C angegeben.

4 Prüf- und Messverfahren

4.1 Allgemeines

Die Rahmenspezifikation und/oder der Vordruck für Bauartspezifikation müssen Tabellen mit Angaben darüber enthalten, welche Prüfungen durchzuführen sind, welche Messungen vor und nach jeder Prüfung oder Untergruppe von Prüfungen vorzunehmen sind und in welcher Reihenfolge sie auszuführen sind. Die Schritte jeder einzelnen Prüfung sind in der angegebenen Reihenfolge auszuführen. Die Messbedingungen für Anfangs- und Endmessungen müssen gleich sein.

Falls nationale Spezifikationen innerhalb eines Qualitätsbewertungssystems andere als die in den oben genannten Dokumenten festgelegten Verfahren verwenden, sind diese vollständig zu beschreiben.

Für jede in diesem Abschnitt angeführte Prüfung nach IEC 60068 sind die Ausgabe und der Änderungsstatus in 1.3 angegeben.

4.2 Normalklima

4.2.1 Normalklima für Prüfungen

Wenn nicht anders festgelegt, sind alle Prüfungen und Messungen bei Normalklima für Prüfungen nach IEC 60068-1, 5.3, durchzuführen:

- Temperatur: 15 °C bis 35 °C;
- Relative Luftfeuchte: 25 % bis 75 %;
- Luftdruck: 86 kPa bis 106 kPa.

Bevor Messungen durchgeführt werden, müssen die Varistoren so lange bei der Messtemperatur lagern, bis der gesamte Varistor diese Temperatur angenommen hat. Dazu reicht üblicherweise die für die Nachbehandlung am Ende einer Prüfung festgelegte Zeit aus.

Wenn Messungen bei einer anderen als der festgelegten Temperatur durchgeführt werden, müssen die Ergebnisse, soweit notwendig, auf die festgelegte Temperatur korrigiert werden. Die während der Messungen herrschende Umgebungstemperatur ist im Prüfbericht anzugeben. Bei Unstimmigkeiten sind diese Messungen bei einer der Temperaturen für Schiedsmessungen (nach 4.2.3) und unter den gegebenenfalls in dieser Spezifikation genannten weiteren Bedingungen zu wiederholen.

Bei Messungen im Rahmen einer Prüffolge dürfen die Endmessungen nach einer Prüfung als Anfangsmessungen für die darauffolgende Prüfung verwendet werden.

ANMERKUNG Während der Messungen sollte der Varistor gegen Luftzug, direkte Sonneneinstrahlung oder andere Einflüsse, die Fehler verursachen können, geschützt sein.

4.2.2 Bedingungen für die Nachbehandlung

Wenn nicht anders festgelegt, muss die Nachbehandlung bei Normalklima für Prüfungen (siehe 4.2.1) erfolgen. Wenn die Nachbehandlung unter genau einzuhaltenden Bedingungen vorgenommen werden muss, sind die Bedingungen nach IEC 60068-1, 5.4.1, anzuwenden.

4.2.3 Schiedsbedingungen

Für Schiedszwecke ist einer der in Tabelle 1 angegebenen Sätze von Normalklimabedingungen für Schiedsmessungen nach IEC 60068-1, 5.2, auszuwählen.

Tabelle 1 – Normalklima

Temperatur °C	Relative Luftfeuchte %	Luftdruck kPa
20 ± 1	63 bis 67	86 bis 106
23 ± 1	48 bis 52	86 bis 106
25 ± 1	48 bis 52	86 bis 106
27 ± 1	63 bis 67	86 bis 106

4.2.4 Bezugsbedingungen

Als Bezugsclima gilt das Bezugs-Normalklima nach IEC 60068-1, 5.1:

- Temperatur: 20 °C;
- Luftdruck: 101,3 kPa.

4.3 Trocknung und Nachbehandlung

Wenn in der Spezifikation eine Trocknung gefordert wird, muss der Varistor vor der Durchführung von Messungen vorbehandelt werden, wobei entsprechend der Angabe in der Bauartspezifikation Verfahren I oder Verfahren II anzuwenden ist.

Verfahren I

Für (24 ± 4) h in einem Trockenschrank bei einer Temperatur von (55 ± 2) °C und einer relativen Luftfeuchte von höchstens 20 %.

Verfahren II

Für (96 ± 4) h in einem Trockenschrank bei einer Temperatur von (100 ± 5) °C.

Der Varistor ist anschließend in einem Exsikkator unter Verwendung eines geeigneten Trockenmittels, z. B. aktiviertes Aluminiumoxid oder Silicagel, abkühlen zu lassen und muss darin von der Entnahme aus dem Trockenschrank bis zum Beginn der festgelegten Prüfungen verbleiben.

4.4 Sichtprüfung und Prüfung der Maße

4.4.1 Sichtprüfung

Zustand, Verarbeitung und Oberflächenbeschaffenheit müssen bei der Sichtprüfung zufriedenstellend sein.

4.4.2 Kennzeichnung

Die Kennzeichnung muss bei der Sichtprüfung lesbar sein. Sie muss den Anforderungen der Bauartspezifikation entsprechen.

4.4.3 Maße (Lehrenmaße)

Die Maße, die in der Bauartspezifikation als mit Lehren prüfbar bezeichnet werden, sind zu prüfen und müssen den in der Bauartspezifikation angegebenen Werten entsprechen.

Die Messungen sind, soweit anwendbar, nach IEC 60294 oder IEC 60717 vorzunehmen.

4.4.4 Maße (Einzelmaße)

Alle in der Bauartspezifikation angegebenen Maße sind zu prüfen und müssen den festgelegten Werten entsprechen.

4.5 Allgemeine Anforderungen für elektrische Prüfungen

Für die Prüfungen und Messungen sind die Varistoren in der für sie üblichen Weise zu montieren und in von Verunreinigungen freien, korrosionsbeständigen Klemmen zu befestigen, um gute elektrisch leitende Verbindungen zu erhalten.

Die Stichprobengröße und das Verfahren zur Stichprobenentnahme müssen den in der Rahmen- oder Bauartspezifikation festgelegten Anforderungen entsprechen.

Sofern nicht anders festgelegt, sind die Messungen in zwei Richtungen durchzuführen. Die nach der Prüfung in beiden Richtungen ermittelten Änderungen der Parameter gegenüber den Anfangsmesswerten müssen innerhalb der in der Rahmen- oder Bauartspezifikation festgelegten Grenzwerte liegen.

ANMERKUNG Bei Varistoren, die in Gleichspannungskreisen eingesetzt werden, dürfen die Messung der Parameter und die Ermittlung ihrer Änderung in der einen in der Bauartspezifikation festgelegten Richtung durchgeführt werden, vorausgesetzt, es gibt eine eindeutige Beziehung zwischen der Richtung des Prüfimpulses und der Richtung der Dauergleichspannung.

Sofern nicht anders festgelegt, muss die Messunsicherheit des Messgeräts so sein, dass der Fehler höchstens 10 % der Grenzabweichung beträgt.

Bei Impulsprüfungen müssen die Impulsform-Parameter den in Anhang B festgelegten Grenzwerten entsprechen.

Viele der in dieser Spezifikation beschriebenen Impulsprüfungen sind mit hohen Spannungen und hohen Strömen verbunden, die inhärent gefährlich sind. Sicherheitsvorkehrungen für Prüfpersonal und Eigentum sind unbedingt erforderlich, zum Beispiel:

- Personal mit elektrischen Prothesen, einschließlich implantierten Herzschrittmachern, dürfen der unmittelbaren Umgebung einer Impulsprüfung nicht ausgesetzt werden.
- Eine gute und sichere Schutzerdung des Impulsprüfsystems ist beizubehalten.
- Zu prüfende Varistoren müssen während der Impulsentladung in einer geschlossenen Prü fzelle eingebracht sein.

Um korrekte Messungen unter Impulsbedingungen zu erhalten, sind folgende Vorkehrungen zu treffen.

- a) Der Stoßstrom und die Stoßspannung sollten mit einer Einrichtung gemessen werden, die das in IEC 60060-2 angegebene Annahmeverfahren bestanden hat.
- b) Für die Verbindungen zwischen dem zu prüfenden Varistor, dem Impulsgenerator und den Messgeräten sollte eine „4-Draht-Verbindung“ (Kelvin-Verbindung) verwendet werden, damit der Einfluss der Impedanz der Verbindungsdrähte und des Kontaktwiderstands so weit wie möglich vermieden wird.

- c) Der Stoßstrom kann in einem Impulsmesskreis merkliche Spannungen induzieren und erhebliche Fehler verursachen. Zur Verringerung der Fehler sollten der Stoßspannungsteiler und der Stoßstrommonitor in einer geeigneten Position und Richtung angeordnet werden, die durch Versuch zu ermitteln sind.

Als eine Kontrolle wird deshalb empfohlen, die Zuleitung, die üblicherweise den Spannungsteiler mit dem spannungsführenden Ende des Prüflings verbindet, von diesem Punkt abzutrennen und stattdessen mit dem geerdeten Ende des Prüflings zu verbinden, jedoch etwa die gleiche Schleife beizubehalten. Wenn der Generator entladen wird, sollte die Spannung, die unter dieser Bedingung gemessen wird, vernachlässigbar klein im Vergleich zur Spannung über dem Prüfling sein, und zwar mindestens während des Abschnittes des Impulses, der für die Bewertung der Prüfergebnisse von Bedeutung ist.

4.6 Varistorspannung

Eine Konstantstromversorgung mit festgelegtem Gleichstrom (üblicherweise 1 mA) und einer Regelungs-
genauigkeit von nicht weniger als 10 % ist zu verwenden. Die Welligkeit der Ausgangsgleichspannung darf nicht mehr als 1 % betragen.

Der Wert der Varistorspannung ist zu der Zeit nach Anlegen des Prüfstroms abzulesen, die in der Bauartspezifikation angegeben ist. Sofern nicht anders festgelegt, muss die Prüfdauer mindestens 20 ms betragen. Außerdem sollte die Prüfdauer nicht zu lang sein, um thermische Effekte bei merklicher Erwärmung des Varistors während der Messung zu vermeiden.

ANMERKUNG Die Prüfdauer für die Messung der Varistorspannung hängt vor allem von der Elektrodenfläche des Varistorelements ab; je größer die Elektrodenfläche, desto länger die Prüfdauer, wenn die anderen Bedingungen unverändert bleiben. Die geeignete Prüfdauer für die Messung der Varistorspannung kann durch Versuch für jede Varistorart ermittelt werden und ist in der Bauartspezifikation festzulegen.

Die Messunsicherheit des Spannungsmessgeräts muss $\pm 0,5$ % betragen.

Der gemessene Wert muss innerhalb der in der Bauartspezifikation oder im Vertrag festgelegten Grenzwerte liegen.

ANMERKUNG Zwei nacheinander durchgeführte Messungen können leicht unterschiedliche Werte ergeben, wobei der erste üblicherweise geringer ist als der zweite. Sofern nicht anders festgelegt, gilt der erste Wert.

4.7 Wartestrom

Eine Konstantspannungsversorgung mit der höchsten Dauergleichspannung $U_{DCM} \pm 0,5$ % ist zu verwenden. Die Welligkeit der Gleichspannung darf nicht mehr als 1 % betragen.

Da der Wartestrom des Varistors in hohem Maße temperaturabhängig ist, sollte der Varistor vor Durchführung der Messung des Wartestroms in der Umgebung mit festgelegter Temperatur für eine festgelegte Dauer, die in der Bauartspezifikation angegeben sind, gelagert werden.

Der Wert des Wartestroms ist zu der Zeit nach Anlegen der Prüfspannung abzulesen, die in der Bauartspezifikation angegeben ist. Sofern nicht anders festgelegt, muss die Dauer mindestens 100 ms betragen. Außerdem sollte die Prüfdauer nicht zu lang sein, um thermische Effekte bei merklicher Erwärmung des Varistors während der Messung zu vermeiden.

ANMERKUNG Die Prüfdauer für die Messung des Wartestroms hängt vor allem von der Elektrodenfläche des Varistorelements ab; je größer die Elektrodenfläche, desto länger die Prüfdauer, wenn die anderen Bedingungen unverändert bleiben. Die geeignete Prüfdauer für die Messung des Wartestroms kann durch Versuch für jede Varistorart ermittelt werden und ist in der Bauartspezifikation festzulegen.

Die Messunsicherheit des Mikroamperemeters darf nicht mehr als ± 1 % $\pm 0,1$ μ A betragen.

Der gemessene Wartestrom darf nicht mehr als der in der Bauartspezifikation festgelegte Wert betragen.

4.8 Kapazität

Die Messungen sind unter Normalbedingungen mit einem sinusförmigen Signal, dessen Frequenz und Pegel in der Bauartspezifikation angegeben sind, durchzuführen. Sofern nicht anders festgelegt, muss die Frequenz 1 kHz und der Signalpegel ≤ 1 V (Effektivwert) ohne DC-Vorspannung betragen.

Bei Varistoren, die vor dieser Prüfung anderen elektrischen Prüfungen unterzogen wurden, sollte die Kapazitätsmessung an Prüflingen vorgenommen werden, die sich nach jeder anderen elektrischen Prüfung für mindestens 48 h erholen konnten oder entsprechend 4.3, Verfahren I, vorbehandelt wurden.

Die gemessene Kapazität muss unter Berücksichtigung der Grenzabweichung dem Wert entsprechen, der in der Bauartspezifikation angegeben ist.

ANMERKUNG Frequenzabhängige Eigenschaften des Varistors entstehen aus deren Kapazität. Dieser Faktor sollte berücksichtigt werden.

4.9 Spannungsprüfung (nur für isolierte Varistoren)

Die Prüfung ist nach einem der drei folgenden Verfahren, wie in der Bauartspezifikation vorgeschrieben, durchzuführen.

4.9.1 V-Block-Verfahren

Der Varistor muss in die Vertiefung eines metallischen V-förmigen Blocks gedrückt werden, dessen Flächen miteinander einen Winkel von 90° bilden und der so lang ist, dass der Varistorkörper nicht über seine Enden hinausragt. Die Klemmkraft muss so groß sein, dass sie ausreichende Berührung zwischen dem Varistor und dem Block sicherstellt. Sie ist so zu wählen, dass der Varistor weder zerstört noch beschädigt wird. Der Varistor ist wie folgt anzuordnen.

- Zylindrische Varistoren: Der Varistor muss so in den Block eingelegt werden, dass der Anschluss, der von der Achse des Varistors am weitesten entfernt ist, einer der Flächen des Blockes am nächsten kommt.
- Rechteckige Varistoren: Der Varistor muss so in den Block eingelegt werden, dass der Anschluss, der einer Kante des Varistors am nächsten liegt, einer der Flächen des Blockes am nächsten kommt.

Bei zylindrischen und rechteckigen Varistoren mit axialen Anschlüssen bleibt die außermittige Lage der Austrittsstelle eines Anschlusses in jedem Falle unberücksichtigt.

4.9.2 Metallkugel-Verfahren

Die nicht isolierten Teile des Varistors sind mit einem Isolierstoff mit einem sehr hohen Isolationswiderstand zu umhüllen.

Der vollständige Varistor ist so in einen Behälter zu legen, der Metallkugeln mit einem Durchmesser von $(1,6 \pm 0,2)$ mm enthält, dass nur die Anschlüsse des Varistors hervorstehen. Zwischen die Metallkugeln ist eine Elektrode einzubringen.

4.9.3 Folienverfahren

Der Körper des Varistors ist eng mit einer Metallfolie zu umwickeln.

Bei Varistoren mit anderen als axialen Anschlüssen ist zwischen der Folienkante und den Anschlüssen ein Abstand von 3 mm bis 3,5 mm einzuhalten.

Bei Varistoren mit axialen Anschlüssen ist die Folie um den ganzen Körper des Varistors zu wickeln, so dass sie um wenigstens 5 mm über dessen beide Enden vorsteht, sofern ein Mindestabstand von 3 mm zwischen der Folie und den Anschlüssen eingehalten werden kann. Die Enden der Folie dürfen nicht über die Enden des Varistors gefaltet werden.

Es wird die Spannung angelegt, die im entsprechenden Sicherheitsdokument festgelegt ist. Bei Fehlen eines Sicherheitsdokumentes muss die anzulegende Spannung wie folgt sein.

Zwischen allen miteinander verbundenen Anschlüssen des Varistors als einem Pol und den Metallkugeln, der Metallfolie oder dem V-Block als dem anderen Pol ist eine Wechsellspannung mit einer Frequenz von 40 Hz bis 60 Hz und einem Scheitelwert vom 1,4-Fachen der in der Bauartspezifikation festgelegten Isolationsspannung für (60 ± 5) s (mit einem Scheitelwert vom 1,4-Fachen) anzulegen.

Die Spannung muss gleichmäßig mit einer Anstiegsgeschwindigkeit von etwa 100 V/s erhöht werden. Die Prüfdauer darf auf 1 s verringert werden, wenn die Prüfspannung um 20 % höher angesetzt wird.

Es darf kein Durchschlag oder Überschlag auftreten.

4.10 Isolationswiderstand (nur für isolierte Varistoren)

4.10.1 Prüfverfahren

Die Prüfung ist nach einem der in 4.9 festgelegten Verfahren, wie in der Bauartspezifikation vorgeschrieben, durchzuführen.

4.10.2 Messungen und Anforderungen

Der Isolationswiderstand ist mit einer Gleichspannung von (100 ± 15) V (bei $U_{ISO} < 500$ V) oder (500 ± 50) V (bei $U_{ISO} > 500$ V) zwischen den miteinander verbundenen Anschlüssen des Varistors als einem Pol und den Metallkugeln, der Metallfolie oder dem V-Block als dem anderen Pol zu messen.

Die Spannung muss 1 min angelegt werden oder für eine kürzere Dauer, die notwendig für einen konstanten Ablesewert ist; der Isolationswiderstand ist am Ende dieser Dauer abzulesen.

Wenn die Varistoren wie vorgeschrieben gemessen werden, dann darf der Isolationswiderstand nicht niedriger als der betreffende Wert in der Bauartspezifikation sein.

Es darf kein Durchschlag oder Überschlag auftreten.

Der gemessene Isolationswiderstand darf nicht niedriger als der in der Bauartspezifikation festgelegte Wert sein.

4.11 Haltespannung/Klemmspannung

Der Prüfpuls muss ein Stoßstrom der Form 8/20 mit einem Scheitelwert von ± 5 % des in der Bauartspezifikation festgelegten Klassenstroms sein.

Die zu Beginn auftretende Spannungsüberschwingung, die auf die Aufladung der Varistorkapazität und die Verzögerung des resistiven Stromes des Varistors zurückzuführen ist, ist von der Haltespannung/Klemmspannung auszunehmen. Die Haltespannung/Klemmspannung ist die höchste Spannung auf dem Spannungssoszillogramm im Zeitbereich zwischen dem Talpunkt der anfänglichen Spannungsüberschwingung und dem Augenblick, in dem die Stromspitze auftritt. Schwingungen in der Nähe des Tales sind zulässig, vorausgesetzt ihre jeweilige Spitzenamplitude beträgt nicht mehr als 5 % des Spitzenwertes; in diesem Fall ist zur Bestimmung der Haltespannung/Klemmspannung eine Mittelungskurve durch die Schwingung zu legen. Die Beobachtungszeit für das Spannungssoszillogramm beträgt insgesamt 100 μ s, und es dürfen keine Anzeichen eines Durchschlags oder Überschlags oder einer anormalen Schwingung auftreten.

Die gemessene Haltespannung/Klemmspannung darf nicht mehr als der in der Bauartspezifikation festgelegte Wert betragen.

4.12 ESD-Haltespannung/ESD-Klemmspannung (nur für oberflächenmontierbare Varistoren für den ESD-Schutz)

Die Prüflinge der zum ESD-Schutz eingesetzten oberflächenmontierbaren Varistoren sind der in der Bauartspezifikation festgelegten ESD-Prüfung mit Kontaktentladung zu unterziehen. Sofern nicht anders festgelegt, ist die ESD-Haltespannung/ESD-Klemmspannung bei 30 ns nach Beginn des in IEC 61000-4-2 definierten 30 A/8 kV-Impulses zu messen.

Die gemessene ESD-Haltespannung/ESD-Klemmspannung darf nicht mehr als der in der Bauartspezifikation festgelegte Wert betragen.

4.13 Höchster Spitzenstrom

4.13.1 Anfangsmessungen

Vor der Impulsprüfung sind an jedem Prüfling die Varistorspannung nach 4.6 und die Haltespannung/Klemmspannung nach 4.11 zu messen.

4.13.2 Prüfverfahren

Nach Durchführung der Anfangsmessungen sind die Prüflinge mit den Impulsen, deren Form, Anzahl und Zeitintervall in der Bauartspezifikation festgelegt sind, zu beanspruchen. Sofern nicht anders festgelegt, sind die Impulse einseitig gerichtet anzulegen.

Bei der Prüfung mit Kombinationsimpulsen müssen der Spitzenstrom oder die Leerlaufspannung und die effektive Ausgangsimpedanz des Kombinationsimpulses den in der Bauartspezifikation festgelegten Werten entsprechen. Sofern nicht anders festgelegt, beträgt die Grenzabweichung des Spitzenstroms oder der Leerlaufspannung des Kombinationsimpulses (0, +5) %.

Anschließend sind die Varistorprüflinge mindestens 1 h, jedoch nicht länger als 2 h, bei Normalklima für die Nachbehandlung zu lagern.

4.13.3 Endprüfung, Messungen und Anforderungen

Nach der Nachbehandlung sind die Varistorspannung und die Haltespannung/Klemmspannung an jedem Prüfling zu messen. Für alle geprüften Varistoren gilt Folgendes.

- Bei der Sichtprüfung dürfen keine Risse und anderen Beschädigungen an der Umhüllung zu erkennen sein.
- Nach der Impulsprüfung darf die Varistorspannung um höchstens 10 % von dem in derselben Richtung gemessenen Anfangswert abweichen.
- Nach der Impulsprüfung darf die Haltespannung/Klemmspannung den in derselben Richtung gemessenen Anfangswert um höchstens 10 % übersteigen (eine Unterschreitung des Anfangswertes ist zulässig).

ANMERKUNG Bei der Überprüfung der Impulsbeanspruchung mit einem Oszilloskop dürfen keine Anzeichen eines Durchschlags und/oder Überschlags auftreten.

4.14 Bemessungswert der mittleren Verlustleistung

Die Einhaltung des in der Bauartspezifikation festgelegten Bemessungswerts der mittleren Verlustleistung ist mit periodischen Stromimpulsen zu überprüfen, deren Form und Spitzenwert in der Bauartspezifikation angegeben sind. Sofern nicht anders festgelegt, sollte der Stoßstrom die Form 8/20 haben und sein Spitzenwert wird so gewählt, dass er dem höchsten Spitzenstrom für 10 000 Impulse der Form 8/20 entspricht.

4.14.1 Anfangsmessungen

Vor der Prüfung sind an jedem Prüfling die Varistorspannung nach 4.6 und die Haltespannung/Klemmspannung nach 4.11 zu messen.

Zur Bestimmung des Zeitintervalls zwischen den benachbarten Impulsen Δt sollte ein Varistorprüfling mit der vorzugsweise kleinsten Haltespannung/Klemmspannung unter den Prüflingen mit einem in der Bauartspezifikation festgelegten Impuls beansprucht werden, und während des Impulses sind der Spitzenstrom I_P (in A) durch den Prüfling und die Grenzspannung U_P (in V) bei I_P zu messen. Δt ist mit folgender Gleichung zu berechnen.

$$\Delta t = \frac{\tau \cdot I_P \cdot U_P \cdot 10^{-6}}{P_M} \quad (\text{s}) \quad (5)$$

Dabei ist

P_M der in der Bauartspezifikation festgelegte Bemessungswert der mittleren Verlustleistung;

τ die für den Prüfimpuls gemessene äquivalente Dauer eines Rechteckimpulses (siehe 2.2.19).

4.14.2 Prüfverfahren

Nach Durchführung der Anfangsmessungen sind die Prüflinge mit dem Stoßstrom, dessen Form und Scheitelwert in der Bauartspezifikation festgelegt sind, mit dem in 4.14.1 für 10 000 Impulse bestimmten Zeitintervall zu beanspruchen. Nach jeweils 50 Impulsen ist die Polarität der Impulse zu ändern.

Anschließend sind die Varistorprüflinge mindestens 1 h, jedoch nicht länger als 2 h, bei Normalklima für die Nachbehandlung zu lagern.

4.14.3 Endprüfung, Messungen und Anforderungen

Nach der Nachbehandlung sind die Varistorspannung und die Haltespannung/Klemmspannung an jedem Prüfling zu messen. Für alle geprüften Varistoren gilt Folgendes.

- Bei der Sichtprüfung dürfen keine Risse und anderen Beschädigungen an der Umhüllung zu erkennen sein.
- Nach der Impulsprüfung darf die Varistorspannung um höchstens 10 % von dem in derselben Richtung gemessenen Anfangswert abweichen.
- Nach der Impulsprüfung darf die Haltespannung/Klemmspannung den in derselben Richtung gemessenen Anfangswert um höchstens 10 % übersteigen (eine Unterschreitung des Anfangswertes ist zulässig).

ANMERKUNG Bei der Überprüfung der Impulsbeanspruchung mit einem Oszilloskop dürfen keine Anzeichen eines Durchschlags und/oder Überschlags auftreten.

BEMERKUNGEN: Herr Michael Fluege kommentiert zum oben angegebenen Abschnitt 4.14, dass „test sequence not applicable or not practical. Many test generators cannot generate impulses with short repetitive rates. Tests need too long time. Dissipation power is a design parameter no need to do inspection or reliability tests. If needed it should be shifted to an informative annex“. Herr Danfeng Sun aber meint, dieser Parameter sei bei der Auswahl von Varistoren für EMV-Prüfungen elektronischer Geräte unbedingt erforderlich und sollte daher in Bauartanerkennungsverfahren und periodischen Qualitäts-Konformitätsprüfungen ($p = 6$ oder 12) berücksichtigt werden. Außerdem sei ein Impulsgenerator zur Erzeugung von periodischen 8/20-Stoßströmen mit kurzen und einstellbaren Impulsintervallen derzeit verfügbar.

4.15 Bemessungsenergie

Die Einhaltung der in der Bauartspezifikation festgelegten Bemessungsenergie ist mit einem Stoßstrom zu überprüfen, dessen Form in der Bauartspezifikation angegeben ist. Sofern nicht anders festgelegt, sollte ein rechteckförmiger Stoßstrom von 2 ms Dauer oder ein Stoßstrom der Form 10/1000 verwendet werden.

4.15.1 Anfangsmessungen

Vor der Prüfung sind an jedem Prüfling die Varistorspannung nach 4.6 und die Haltespannung/Klemmspannung nach 4.11 zu messen.

Zur Bestimmung des an die Prüflinge anzulegenden Spitzenprüfstromes I_T sollte ein Varistorprüfling mit der vorzugsweise kleinsten Haltespannung/Klemmspannung unter den Prüflingen mit einem Impuls der in der Bauartspezifikation festgelegten Form beansprucht werden, wobei der Spitzenstrom I_u nach Gleichung (6) berechnet wird. Während des Impulses ist die Grenzspannung U_P beim Spitzenstrom I_u durch den Prüfling zu messen.

$$I_u = \frac{E_M}{U_{CL} \cdot \tau} \quad (6)$$

Dabei ist

E_M die in der Bauartspezifikation festgelegte Bemessungsenergie in J;

U_{CL} die gemessene Haltespannung/Klemmspannung des Prüflings in V;

τ die für den verwendeten Prüfimpuls gemessene äquivalente Dauer eines Rechteckimpulses (siehe 2.2.19) oder die Gesamtdauer t_t des Rechteckimpulses (siehe Anhang B) in s.

I_T ist nach folgender Gleichung zu berechnen.

$$I_T = \frac{E_M}{U_P \cdot \tau} \quad (7)$$

4.15.2 Prüfverfahren

Nach Durchführung der Anfangsmessungen sind alle Prüflinge mit einem Stoßstrom, dessen Form in der Bauartspezifikation festgelegt und dessen Spitzenwert auf I_T voreingestellt ist, zu beanspruchen. Während des Impulses sind der tatsächliche Spitzenstrom I_A und die tatsächliche Grenzspannung U_A beim Spitzenstrom I_A durch den Prüfling zu messen. Die von jedem Prüfling absorbierte tatsächliche Energie E_A wird nach folgender Gleichung berechnet.

$$E_A = I_A \cdot U_A \cdot \tau \quad (8)$$

Anschließend sind die Varistorprüflinge mindestens 1 h, jedoch nicht länger als 2 h, bei Normalklima für die Nachbehandlung zu lagern.

4.15.3 Endprüfung, Messungen und Anforderungen

Nach der Nachbehandlung sind die Varistorspannung und die Haltespannung/Klemmspannung an jedem Prüfling zu messen. Für alle geprüften Varistoren gilt Folgendes.

- Bei der Sichtprüfung dürfen keine Risse und anderen Beschädigungen an der Umhüllung zu erkennen sein.
- Die vom Prüfling absorbierte tatsächliche Energie E_A darf nicht weniger als der in der Bauartspezifikation festgelegte Wert betragen.
- Nach der Prüfung darf die Varistorspannung um höchstens 10 % von dem in derselben Richtung gemessenen Anfangswert abweichen.
- Nach der Prüfung darf die Haltespannung/Klemmspannung den in derselben Richtung gemessenen Anfangswert um höchstens 10 % übersteigen (eine Unterschreitung des Anfangswertes ist zulässig).

ANMERKUNG Bei der Überprüfung der Impulsbeanspruchung mit einem Oszilloskop dürfen keine Anzeichen eines Durchschlags und/oder Überschlags auftreten.

4.16 Entladung statischer Elektrizität (ESD) (nur für oberflächenmontierbare Kondensatoren für den ESD-Schutz)

4.16.1 Anfangsmessungen

Vor der Prüfung ist an jedem Prüfling die Varistorspannung nach 4.6 zu messen.

4.16.2 Prüfverfahren

Nach Durchführung der Anfangsmessungen sind die Prüflinge der ESD-Prüfung zu unterziehen. Die Wahl des ESD-Prüfverfahrens, die Prüfspannung und die Anzahl der Entladungen sind in der Bauartspezifikation festzulegen. Sofern nicht anders festgelegt, ist die ESD-Prüfung mit dem Verfahren der Kontaktentladung oder dem Verfahren der Luftentladung durchzuführen.

Sofern nicht anders festgelegt, ist die Kontaktentladung bei einer Spannung von $8 \text{ kV} \pm 5 \%$ mit 10 einseitig gerichteten Entladungen und einem Zeitintervall von 1 s und die Luftentladung bei einer Spannung von $15 \text{ kV} \pm 5 \%$ mit 10 einseitig gerichteten Entladungen und einem Zeitintervall von 1 s durchzuführen.

Anschließend sind die Varistorprüflinge mindestens 1 h, jedoch nicht länger als 2 h, bei Normalklima für die Nachbehandlung zu lagern.

4.16.3 Endprüfung, Messungen und Anforderungen

Nach der Nachbehandlung ist die Varistorspannung an jedem Prüfling zu messen. Für alle geprüften Varistoren gilt Folgendes.

- Bei der Sichtprüfung dürfen die Prüflinge keine Anzeichen eines Überschlags oder Durchschlags aufweisen.
- Die Varistorspannung darf höchstens um den in der Bauartspezifikation festgelegten Wert von dem in derselben Richtung gemessenen Anfangswert abweichen.

4.17 Widerstandsfähigkeit der Anschlüsse

4.17.1 Allgemeines

Die Varistoren sind den Prüfungen U_{a1} , U_b , U_c und U_d nach IEC 60068-2-21, wie zutreffend, zu unterziehen.

4.17.2 Prüfung U_{a1} – Zug

Die angreifende Kraft muss betragen:

- an anderen als Drahtanschlüssen: 20 N;
- an Drahtanschlüssen: siehe Tabelle 2.

Tabelle 2 – Kraft an Drahtanschlüssen

Nennquerschnitt mm ²	Entsprechender Durchmesser bei Runddrähten mm	Zugkraft N
$S \leq 0,05$	$d \leq 0,25$	1
$0,05 < S \leq 0,07$	$0,25 < d \leq 0,3$	2,5
$0,07 < S \leq 0,2$	$0,3 < d \leq 0,5$	5
$0,2 < S \leq 0,5$	$0,5 < d \leq 0,8$	10
$0,5 < S \leq 1,2$	$0,8 < d \leq 1,25$	20
$1,2 < S$	$1,25 < d$	40

4.17.3 Prüfung Ub – Biegen (eine Hälfte der Anschlüsse)

Verfahren 1: In jeder Richtung sind zwei aufeinanderfolgende Biegungen auszuführen. Diese Prüfung darf nicht angewendet werden, wenn die Anschlüsse in der Bauartspezifikation als starr beschrieben werden.

4.17.4 Prüfung Uc – Verdrehen (andere Hälfte der Anschlüsse)

Anzuwenden ist Verfahren 1, Schärfegrad 2 (zwei aufeinanderfolgende Verdrehungen um 180°).

Diese Prüfung darf nicht angewendet werden, wenn die Anschlüsse in der Bauartspezifikation als starr beschrieben werden und bei Bauelementen mit einseitig herausgeführten Anschlüssen, die für Leiterplattenanwendungen vorgesehen sind.

4.17.5 Prüfung Ud – Drehmoment (bei Anschlüssen mit Gewindebolzen oder Schraubanschlüssen und bei integrierten Befestigungsmitteln)**Tabelle 3 – Drehmoment**

Nenndurchmesser des Gewindes mm		2,6	3	3,5	4	5	6
Drehmoment (Nm)	Schärfegrad 1	0,4	0,5	0,8	1,2	2,0	2,5
	Schärfegrad 2	0,2	0,25	0,4	0,6	1,0	1,25

4.17.6 Sichtprüfung

Im Anschluss an die Nachbehandlung sind die Varistoren einer Sichtprüfung zu unterziehen. Es darf keine Beschädigung sichtbar sein.

4.17.7 Endmessung

Die Varistorspannung ist nach 4.6 zu messen und die Änderung gegenüber dem Anfangsmesswert darf die in der Bauartspezifikation festgelegten Grenzwerte nicht überschreiten.

4.17.8 Widerstandsfähigkeit der Anschlüsse von oberflächenmontierbaren Varistoren**4.17.8.1 Anfangsmessungen**

Vor der Prüfung ist an jedem Prüfling die Varistorspannung nach 4.6 zu messen.

4.17.8.2 Prüfverfahren

Die Varistoren sind der Prüfung Ue nach IEC 60068-2-21 zu unterziehen. Die Bauartspezifikation muss folgende Einzelheiten festlegen:

- das (die) anzuwendende(n) Prüfverfahren (siehe IEC 60068-2-21, 8.2);
- Art und Maße (Dicke und weitere Einzelheit) des Trägers (ebd., 8.2);
- Form und Maße der Lötanschlussflächen auf dem Träger (ebd., 8.3.1);
- Montageverfahren, falls abweichend von 8.3.2 und 8.3.3, ebd.;
- Art der Lotlegierung (ebd., 8.3.3 a));
- Verwendung einer Lotpaste mit Silberzusatz (ebd., 8.3.3 a) 1) ii));
- Viskosität der festgelegten Lotpaste (ebd., 8.3.3 a) 2));
- Bedingungen der Vorbehandlung der Prüflinge (ebd., 8.3.3 b) 3));
- Bedingungen der Vorheizung (ebd., 8.3.3 d));
- Reinigungsverfahren (ebd., 8.3.3 e) 5));

- k) Verweilzeit zwischen Löten und Prüfung (ebd., 8.4, 8.5.2.2 und 8.5.3.2);
- l) falls die Biegeprüfung (Ue_1) festgelegt ist, die Biegetiefe und die Zeit im durchgebogenen Zustand, falls von 20 s abweichend, sowie jede erforderliche Überwachung (ebd., 8.5.1.2);
- m) schrittweise Biegeverfahren (falls angewendet) (ebd., 8.5.1.2);
- n) Radius des Biegewerkzeugs für Prüfung Ue_1 , falls von 5 mm abweichend (ebd., 8.5.1.2);
- o) Prüfverfahren für Prüfung Ue_2 (Abzieh- oder Abstoßprüfung) (ebd., 8.5.2.2);
- p) Befestigungsverfahren des Drahts bei Prüfung Ue_2 (Abziehprüfung) (ebd., 8.5.2.2.1);
- q) Belastungsbedingungen (Zug- oder Druckkraft und Richtung), falls anders als in 8.5.2.2.1 und 8.5.2.2.2, ebd., festgelegt (ebd., 8.5.2.2.1 und 8.5.2.2.2);
- r) Radius des Druckwerkzeugs bei Prüfung Ue_2 (Abstoßprüfung) falls von 0,5 mm abweichend, (ebd., 8.5.2.2.2);
- s) Druckwerkzeug, Kontaktpunkt zwischen Prüfling und Druckwerkzeug und Art des Kontakts bei Prüfung Ue_3 (Scherprüfung) (ebd., 8.5.3.2);
- t) Zug- oder Druckkraft, falls von 10 N abweichend, bei Prüfung Ue_2 (Abzieh- oder Abstoßprüfung), Druckkraft, falls von 5 N abweichend, bei Prüfung Ue_3 (Scherprüfung) (ebd., 8.5.2.2.1, 8.5.2.2.2 und 8.5.3.2);
- u) Bedingungen der Nachbehandlung (ebd., 8.6.1);
- v) Angabe, ob die Reihenfolge klimatischer Prüfungen (4.24) anzuwenden ist (ebd., 8.6.4);
- w) annehmbare Änderung der Varistorspannung nach der Prüfung.

4.17.8.3 Endprüfung, Messungen und Anforderungen

Nach der Nachbehandlung sind die Prüflinge einer Sichtprüfung zu unterziehen. Die Anschlüsse müssen sicher am Prüfling verbleiben und dürfen keine Risse oder sichtbaren mechanischen Schäden aufweisen.

Die Varistorspannung ist an jedem Prüfling nach 4.6 zu messen und die Änderung gegenüber dem Anfangsmesswert darf die in der Bauartspezifikation festgelegten Grenzwerte nicht überschreiten.

4.18 Lötwärmebeständigkeit

4.18.1 Vorbehandlung

Die Varistoren sind nach dem in 4.3 beschriebenen Verfahren zu trocknen, wenn dies in der entsprechenden Spezifikation vorgeschrieben ist.

Die Varistoren sind so zu messen, wie es in der entsprechenden Spezifikation festgelegt ist.

4.18.2 Prüfverfahren

Sofern in der entsprechenden Spezifikation nicht anders angegeben, ist eine der folgenden Prüfungen, wie in derselben Spezifikation festgelegt, durchzuführen.

Die Prüfbedingungen sind in der entsprechenden Spezifikation festzulegen.

- a) Für alle Varistoren, abgesehen von den in den nachfolgenden Punkten b) und c) genannten, gilt:
IEC 60068-2-20, Prüfung Tb, Verfahren 1 (Lötbad)
- b) Für Varistoren, die nicht für die Verwendung auf Leiterplatten ausgelegt sind, jedoch für die Lötung vorgesehene Anschlüsse haben, wie in der Bauartspezifikation angegeben, gelten:
 - 1) IEC 60068-2-20, Prüfung Tb, Verfahren 1 (Lötbad)
 - 2) IEC 60068-2-20, Prüfung Tb, Verfahren 2 (LötKolben)
- c) Für oberflächenmontierbare Varistoren gilt:
IEC 60068-2-58, Aufschmelz- oder Lötbadverfahren.