

DIN EN IEC 61007



ICS 29.180

Ersatz für
DIN EN 61007:1998-04
Siehe Anwendungsbeginn

**Transformatoren und Drosseln für die Anwendung in elektronischen und
nachrichtentechnischen Einrichtungen –
Messmethoden und Prüfverfahren
(IEC 61007:2020 + COR1:2021);
Deutsche Fassung EN IEC 61007:2020 + AC:2021**

Transformers and inductors for use in electronic and telecommunication equipment –
Measuring methods and test procedures
(IEC 61007:2020 + COR1:2021);
German version EN IEC 61007:2020 + AC:2021

Transformateurs et inductances utilisés dans les équipements électroniques et de
télécommunications –
Méthodes de mesure et procédures d'essais
(IEC 61007:2020 + COR1:2021);
Version allemande EN IEC 61007:2020 + AC:2021

Gesamtumfang 99 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2020-08-24 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2021-09-01.

Für DIN EN 61007:1998-04 besteht eine Übergangsfrist bis 2023-08-24.

Diese Norm enthält die Berichtigung EN 61007:2020/AC:2021, die das Corrigendum 1:2021 zu IEC 61007:2020 übernimmt.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN IEC 61007:2019-10.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium DKE/K 625 „Magnetische Bauelemente und deren Komponenten“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

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

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom IEC/TC 51 „Magnetic components, ferrite and magnetic powder materials“ erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC .

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

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

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.

Das IEC-Corrigendum 1, von CENELEC angenommen als AC, wurde eingearbeitet und mit einer senkrechten Linie am linken Textrand gekennzeichnet.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 61007:1998-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Der Anwendungsbereich von IEC 61007 wurde erweitert;
- b) Abschnitt 2: Hinzufügung neuer Verweisungen und Aktualisieren der Verweisungen;
- c) Abschnitt 3: Neue Definition wurde in 3.3 hinzugefügt, und das Spannung-Zeit-Produkt in 3.7 wurde neu definiert;
- d) Prüfverfahren wurden aktualisiert:

- 1) Hinzufügen des Prüfverfahrens:
Wechselstromwiderstand (in 4.4.1.2); Kurzschlussleistungsprüfung (in 4.4.3.4); Wirkungsgrad (in 4.4.3.5); Phasenunsymmetrie (in 4.4.5.7); Amplitudenunsymmetrie (radio frequency) (in 4.4.5.8); Transformationsverhältnis nach Impedanz (in 4.4.7.1); Kopplungskoeffizient (in 4.4.7.2); Übersprechen (in 4.4.10);
 - 2) Modifikation des Prüfverfahrens:
Isolationswiderstand (ein Fehlerbereich bei der Prüfspannung, in 4.4.2.3);
 - 3) Streichung der Prüfverfahren:
Effektiver Widerstand;
- e) Umweltprüfverfahren: neue Verweisungen wurden hinzugefügt;
- f) Anhänge A bis G wurden hinzugefügt.

Frühere Ausgaben

DIN EN 61007: 1998-04

– Leerseite –

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN IEC 61007:2020-09 +
AC:2021-06

ICS 29.180; 29.100.10

Ersatz für EN 61007:1997 und alle Änderungen und Berichtigungen (falls vorhanden)

Deutsche Fassung

Transformatoren und Drosseln für die Anwendung in elektronischen und
nachrichtentechnischen Einrichtungen – Messmethoden und Prüfverfahren
(IEC 61007:2020 + COR1:2021)

Transformers and inductors for use in electronic
and telecommunication equipment – Measuring
methods and test procedures
(IEC 61007:2020 + COR1:2021)

Transformateurs et inductances utilisés dans les
équipements électroniques et de télécommunications
– Méthodes de mesure et procédures d'essais
(IEC 61007:2020 + COR1:2021)

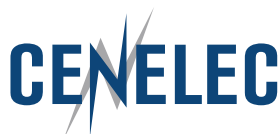
Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2023-08-24 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Die Berichtigung AC:2021 tritt am 18. Juni 2021 zur Einarbeitung in die deutsche Fassung der EN in Kraft.

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, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, 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: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Europäisches Vorwort

Der Text des Dokuments 51/1319/CDV, zukünftige 3. Ausgabe der IEC 61007, erarbeitet vom IEC/TC 51 „Magnetic components, ferrite and magnetic powder materials“ wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN IEC 61007:2020 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): 2021-05-24
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2023-08-24

Dieses Dokument ersetzt EN 61007:1997 und alle Änderungen und Berichtigungen (falls vorhanden).

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

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61007:2020 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung ist unter „Literaturhinweise“ zu der aufgelisteten Norm die nachstehende Anmerkung einzutragen:

IEC 61000-2-2 ANMERKUNG Harmonisiert als EN 61000-2-2.

IEC 61000-3-12 ANMERKUNG Harmonisiert als EN 61000-3-12.

Anerkennungsnotiz zu AC:2021

Der Text der Berichtigung IEC 61007:2020/COR1:2021 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als EN IEC 61007:2020/AC:2021-06 angenommen.

Anhang ZA (normativ)

Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ANMERKUNG 1 Ist eine internationale Publikation durch gemeinsame Abänderungen modifiziert worden, gekennzeichnet durch (mod.), dann gilt die entsprechende EN oder das HD.

ANMERKUNG 2 Aktualisierte Informationen über die in diesem Anhang aufgeführten aktuellen Fassungen der Europäischen Normen sind hier verfügbar: www.cenelec.eu.

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
IEC 60050	series	International Electrotechnical Vocabulary	–	–
IEC 60068-1	2013	Environmental testing – Part 1: General and guidance	EN 60068-1	2014
IEC 60068-2-1	–	Environmental testing – Part 2-1: Tests – Test A: Cold	EN 60068-2-1	–
IEC 60068-2-2	–	Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat	EN 60068-2-2	–
IEC 60068-2-6	–	Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)	EN 60068-2-6	–
IEC 60068-2-7	–	Basic environmental testing procedures – Part 2-7: Tests – Test Ga and guidance: Acceleration, steady state	EN 60068-2-7	–
IEC 60068-2-10	–	Environmental testing – Part 2-10: Tests – Test J and guidance: Mould growth	EN 60068-2-10	–
IEC 60068-2-13	–	Basic environmental testing procedures – Part 2-13: Tests – Test M: Low air pressure	EN 60068-2-13	–
IEC 60068-2-14	–	Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature	EN 60068-2-14	–
IEC 60068-2-17	–	Basic environmental testing procedures – Part 2-17: Tests – Test Q: Sealing	EN 60068-2-17	–
IEC 60068-2-20	–	Environmental testing – Part 2-20: Tests – Test T: Test methods for solderability and resistance to soldering heat of devices with leads	EN 60068-2-20	–
IEC 60068-2-21	–	Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices	EN 60068-2-21	–
IEC 60068-2-27	–	Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock	EN 60068-2-27	–

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
IEC 60068-2-30	–	Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)	EN 60068-2-30	–
IEC 60068-2-42	–	Environmental testing – Part 2-42: Tests – Test Kc: Sulphur dioxide test for contacts and connections	EN 60068-2-42	–
IEC 60068-2-45	–	Basic environmental testing procedures – Part 2-45: Tests – Test XA and guidance: Immersion in cleaning solvents	EN 60068-2-45	–
IEC 60068-2-52	–	Environmental testing – Part 2-52: Tests – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)	EN IEC 60068-2-52	–
IEC 60068-2-78	–	Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state	EN 60068-2-78	–
IEC 60270	–	High-voltage test techniques – Partial discharge measurements	EN 60270	–
IEC 60695-11-2	–	Fire hazard testing – Part 11-2: Test flames – 1 kW nominal premixed flame: Apparatus, confirmatory test arrangement and guidance	–	–
IEC 60695-11-5	–	Fire hazard testing – Part 11-5: Test flames – Needle-flame test method – Apparatus, confirmatory test arrangement and guidance	EN 60695-11-5	–
IEC 61672-1	–	Electroacoustics – Sound level meters – Part 1: Specifications	EN 61672-1	–

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	6
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	7
1 Anwendungsbereich	14
2 Normative Verweisungen	14
3 Begriffe	15
4 Prüfverfahren	19
4.1 Prüf- und Messbedingungen	19
4.1.1 Allgemeines	19
4.1.2 Messunsicherheit	23
4.1.3 Alternative Prüfverfahren	23
4.2 Sichtprüfung	24
4.2.1 Allgemeines	24
4.2.2 Lage des Sicherheitsschirms	24
4.2.3 Ausführung der Lötverbindungen	24
4.3 Abmessungen und mechanische Messverfahren	27
4.4 Elektrische Prüfverfahren	27
4.4.1 Wicklungswiderstand	27
4.4.2 Isolationsprüfungen	28
4.4.3 Verluste	31
4.4.4 Induktivität	35
4.4.5 Unsymmetrie	35
4.4.6 Kapazität	40
4.4.7 Übersetzungsverhältnisse	43
4.4.8 Resonanzfrequenz	48
4.4.9 Signalübertragungseigenschaften	50
4.4.10 Übersprechen	54
4.4.11 Frequenzverhalten	55
4.4.12 Impulseigenschaften	56
4.4.13 Spannungszeitflächen-Belastbarkeit	57
4.4.14 Gesamter Oberwellenanteil	58
4.4.15 Spannungsänderung	59
4.4.16 Temperaturanstieg	59
4.4.17 Oberflächentemperatur	61
4.4.18 Polarität	62
4.4.19 Schirme (Schirmung)	64
4.4.20 Geräusche	64
4.4.21 Koronaprüfungen	66
4.4.22 Magnetische Felder	66

4.4.23	Einschaltstrom	69
4.5	Umweltprüfverfahren	69
4.5.1	Allgemeines	69
4.5.2	Löten	69
4.5.3	Mechanische Festigkeit von Anschlüssen und eingebauten Befestigungseinrichtungen	69
4.5.4	Schocken	69
4.5.5	Dauerschocken	70
4.5.6	Schwingen (sinusförmig)	70
4.5.7	Gleichförmiges Beschleunigen	70
4.5.8	Rascher Temperaturwechsel (Wärmestoß in Luft)	70
4.5.9	Dichtheit	70
4.5.10	Klimafolge	70
4.5.11	Feuchte Wärme, konstant	71
4.5.12	Trockene Wärme	71
4.5.13	Schimmelwachstum	71
4.5.14	Salznebel, zyklisch (Natriumchloridlösung)	71
4.5.15	Schwefeldioxidprüfung für Kontakte und Anschlüsse	71
4.5.16	Brandgefahr	71
4.5.17	Eintauchen in Reinigungslösungsmittel	71
4.6	Belastbarkeitsprüfverfahren	71
4.6.1	Kurzzeitbelastbarkeit (Betrieb unter Last)	71
4.6.2	Langzeitbelastbarkeit (Lebensdauerprüfung)	72
Anhang A (normativ) Gleichstromwiderstandsprüfung		74
A.1	Allgemeines	74
A.2	Widerstandswerte unter 1 Ω – Kelvin-Doppelbrückenverfahren	74
A.3	Widerstandswerte von 1 Ω bis viele Kiloohm	75
A.3.1	Allgemeines	75
A.3.2	Amperemeter- und Voltmeterverfahren	75
A.3.3	Ersatzverfahren	76
A.3.4	Wheatstone-Brücke	77
A.3.5	Ohmmeter	78
A.4	Digitales Ohmmeter – Widerstandswerte von unter 1 Ω bis zu mehreren Kiloohm	78
Anhang B (normativ) Dielektrische Spannungsprüfung		80
Anhang C (normativ) Induzierten Spannungsprüfung		82
C.1	Induzierte Spannungsprüfung	82
C.2	Allgemeine Prüfbedingungen	82
C.3	Allgemeine Prüfverfahren	82
C.4	Induzierte Anregungsspannung und -frequenz	84
C.5	Induzierte Spannungswiederholungsprüfung	84
C.6	Anregungsstrom	84

Anhang D (normativ) Leerlaufverlust.....	85
D.1 Allgemeines.....	85
D.2 Erregungswellenform	85
D.2.1 Allgemeines.....	85
D.2.2 Sinusspannungserregung (Sinusfluss)	85
D.2.3 Sinusstromerregung	86
D.2.4 Rechteckwellen-Spannungserregung	86
D.3 Prüfverfahren und Instrumente	87
D.3.1 Allgemeines.....	87
D.3.2 Wattmeter	87
D.3.3 Amperemeter.....	88
D.3.4 Voltmeter	88
D.4 Prüfspezifikationen und Ergebnisse.....	88
Anhang E (normativ) Gütefaktor Q	89
E.1 Allgemeines.....	89
E.2 Messunsicherheit	89
E.3 Generatoren	89
E.3.1 Signalgenerator.....	89
E.3.2 Impulsgenerator	89
E.3.3 Antenne	89
E.4 Kondensator	90
E.5 Messschaltung	90
E.5.1 Oszilloskop	90
E.5.2 Sonde	90
E.6 Messverfahren.....	90
E.7 Berechnung	91
Anhang F (normativ) Elektrostatische Abschirmung	93
F.1 Symbole	93
F.2 Theoretische Diskussion	95
F.3 Messverfahren.....	95
F.3.1 Indirektes Verfahren	95
F.3.2 Direktes Verfahren	96
Anhang G (normativ) Koronaprüfung	97
G.1 Koronaerkennung.....	97
G.2 Koronaanalyse	97
G.3 Prüfbedingungen und Spezifikationen	98
Literaturhinweise	99
Bilder	
Bild 1 – Bestimmung der Kenngrößen der Wellenform	17
Bild 2 – Beispiele guter Lötverbindungen	25

Bild 3 – Beispiele fehlerhafter Lötverbindungen	26
Bild 4 – Leerlaufstrom-Prüfschema	32
Bild 5 – Kein Leerlaufverlust-Prüfschema	32
Bild 6 – Vereinfachtes Diagramm der Kurzschlussleistungsprüfung	34
Bild 7 – Schaltung für die Messung der Kapazitätsunsymmetrie	36
Bild 8 – Schaltung für die Bestimmung des Gleichtaktunterdrückungsverhältnisses	36
Bild 9 – Schaltung für die Messung der Impedanzunsymmetrie	37
Bild 10 – Schaltung zur Bestimmung der Übersprechdämpfung	38
Bild 11 – Schematisches Diagramm der Phasen- und Amplitudenunsymmetrie	40
Bild 12 – Üblicher Graph zur Bestimmung der Eigenkapazität	41
Bild 13 – Schaltung zur Bestimmung der Kapazität zwischen Wicklungen	42
Bild 14 – Schaltung für die Messung des Spannungsübersetzungsverhältnisses	45
Bild 15 – Schaltkreis für die Messung des Stromübersetzungsverhältnisses und des Phasenwinkels	47
Bild 16 – Messschaltung des Stromübersetzungsverhältnisses und des Phasenwinkels	48
Bild 17 – Schaltung zur Messung der parallelen Eigenresonanz	49
Bild 18 – Schaltung zur Bestimmung der Resonanzfrequenz von Resonanzschwingkreisen	50
Bild 19 – Schaltung zur Bestimmung der Einfügungsdämpfung	51
Bild 20 – Verwendung von zwei gleichen Transformatoren, wenn das Übertragungsverhältnis nicht 1:1 ist und/oder ein Gleichspannungsanteil gefordert ist	52
Bild 21 – Darstellung der Rücklaufdämpfung	53
Bild 22 – Basisschaltung für die Messung der Rücklaufdämpfung	54
Bild 23 – Schaltungsdiagramm für die Messung der Querstörung zwischen zwei Transformatorspulen	55
Bild 24 – Schaltung zur Messung der Impulswellenform	57
Bild 25 – Nichtlinearität des Magnetisierungsstroms	58
Bild 26 – Schema der Spannungsänderungsprüfung	59
Bild 27 – Phasenprüfung (Polarität) unter Verwendung der Spannungsmessung	62
Bild 28 – Reihenschaltungsverfahren	63
Bild 29 – Helmholtz-Spulenordnung	67
Bild A.1 – Messung geringer Widerstände	74
Bild A.2 – Kelvin-Doppelbrückenverfahren zur Messung niedriger Widerstände	75
Bild A.3 – Amperemeter-Voltmeter-Verfahren zur Widerstandsmessung	76
Bild A.4 – Messung des Widerstands durch Ersetzung	77
Bild A.5 – Anschlüsse der Wheatstone-Brücke	77
Bild A.6 – Prinzip des Serien-Ohmmeters	78
Bild A.7 – Digitales Ohmmeter-Verfahren zur Widerstandsmessung	79
Bild B.1 – Übliche Hochpotentialprüfung mit geprüftem Abschnitt 1	80
Bild B.2 – Übliche Hochpotentialprüfung einer Drossel	80
Bild C.1 – Blockdiagramm der induzierten Spannungsstoßprüfung	82
Bild D.1 – Dreieckige Flussdichteabweichung im Transformatorkern	87

Bild D.2 – Prüfschaltung für Leerlaufverluste von Transformatoren	87
Bild E.1 – Verfahren für gedämpfte Schwingung	89
Bild E.2 – Oszilloskopdurchlauf für das Verfahren für gedämpfte Schwingung	91
Bild F.1 – Geschirmte einzelne Wicklung, beweglicher Kern	93
Bild F.2 – Elektrostatisches Grundsymbol	93
Bild F.3 – Mehrfach geschirmte einzelne Wicklung, mit Kernanschluss (Leitung)	93
Bild F.4 – Zwei Wicklungen geschirmt, Sekundärkern geerdet	94
Bild F.5 – Wicklungsgruppe geerdet, beweglicher Kern	94
Bild F.6 – Mehrfach geschirmte Wicklungsgruppe, mit Kernanschluss (Leitung)	94
Bild F.7 – Kombination von Schirmungsbedingungen	94
Bild F.8 – Üblicher Transformator mit je zwei geschirmten Wicklungen	95
Bild F.9 – Vereinfachte Darstellung von Bild F.8	95
Bild F.10 – Indirektes Messverfahren für die elektrostatische Schirmung	96
Bild G.1 – Übliche Schaltung für die Koronamessung (Schaltung 1)	97
Bild G.2 – Übliche Schaltung für die Koronamessung (Schaltung 2)	98
Tabellen	
Tabelle 1 – Empfohlene Prüfungen und Spezifikationen für spezifische Transformator- und Drosselgruppen	20
Tabelle 2 – Spannung der dielektrischen Stehspannungsprüfung	29
Tabelle 3 – Schallpegelkorrekturen für Prüfungen hörbarer Störgeräusche	65
Tabelle 4 – Maße des Würfels mit den zugehörigen Daten der Messspule	68

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt eine Reihe von Prüfungen zur Bestimmung der wesentlichen Parameter und Leistungsmerkmale von Transformatoren und Drosseln zur Verwendung in elektronischen und nachrichtentechnischen Einrichtungen. Diese Prüfverfahren sind hauptsächlich für Transformatoren und Drosseln für alle Arten von Elektronikanwendungen, die in beliebigen Spezifikationen für solche Bauelemente enthalten sein können, ausgelegt. Auch wenn diese Prüfungen für andere Arten von Transformatoren, die in Stromverteilungsanwendungen in der Energieerzeugungsindustrie und anderen Industrien eingesetzt werden, nützlich sein können, können die in diesem Dokument behandelten Prüfungen diese Prüfungen ergänzen oder komplettieren, sind jedoch nicht als Ersatz für Prüfungen in Normen für Transformatoren vorgesehen. Einige der beschriebenen Prüfungen sind für die Qualifizierung eines Produkts für eine bestimmte Anwendung vorgesehen, während andere als Prüfungspraktiken in der Produktion und Kundenabnahmeprüfung eingesetzt werden. Die hier beschriebenen Prüfverfahren beinhalten die Parameter, die am häufigsten in der elektronischen Industrie für Transformatoren und Drosseln eingesetzt werden: Durchschlagfestigkeit, Widerstand, Stromverlust, Induktivität, Impedanz, Symmetrie, Wandlungsverhältnis und viele andere weniger häufig eingesetzte.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60050 (alle Teile), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)* (verfügbar unter www.electropedia.org)

IEC 60068-1:2013, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

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

IEC 60068-2-2, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Tests 8: Dry heat*

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

IEC 60068-2-7, *Basic environmental testing procedures – Part 2-7: Tests – Test Ga and guidance: Acceleration, steady state*

IEC 60068-2-10, *Environmental testing – Part 2-10: Tests – Test J and guidance: Mould growth*

IEC 60068-2-13, *Basic environmental testing procedures – Part 2-13: Tests – Test M: Low air pressure*

IEC 60068-2-14, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-17, *Basic environmental testing procedure – Part 2-17: Tests – Test Q: Sealing*

IEC 60068-2-20, *Environmental testing – Part 2-20: Tests – Test T: Test methods for solderability and resistance to soldering heat of devices with leads*

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

IEC 60068-2-27, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60068-2-30, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)*

IEC 60068-2-42, *Environmental testing – Part 2-42: Tests – Test Kc: Sulphur dioxide test for contacts and connections*

IEC 60068-2-45, *Basic environmental testing procedures – Part 2-45: Tests – Test XA and guidance: Immersion in cleaning solvents*

IEC 60068-2-52, *Environmental testing – Part 2-52: Tests – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)*

IEC 60068-2-78, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

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

IEC 60695-11-2, *Fire hazard testing – Part 11-2: Test flames – 1 kW pre-mixed flame – Apparatus, confirmatory test arrangement and guidance*

IEC 60695-11-5, *Fire hazard testing – Part 11-5: Test flames – Needle-flame test method – Apparatus, confirmatory test arrangement and guidance*

IEC 61672-1, *Electroacoustics – Sound level meters – Part 1: Specifications*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050 (alle Teile) und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Bauelement

Transformator oder Drossel

3.2

Spitzenarbeitsspannung

höchste Spannung, für die die Wicklungsisolation unter Arbeitsschaltkreisbedingungen ausgelegt ist

3.3

Impulsformkennwerte (siehe Bild 1)

3.3.1

Spitzenimpulsamplitude

U_m

Höchstwert auf einer glatten Kurve, extrapoliert durch das Impulsdach des Impulses, alle anfänglichen „Spitzen“ und „Überschwinger“ außer Betracht lassend, deren Dauer kleiner als 10 % der Impulsdauer ist

3.3.2

Impulsdauer

t_d

Zeitintervall zwischen dem ersten und letzten Zeitpunkt, zu dem die Impulsamplitude 50 % der Spitzenimpulsamplitude erreicht

3.3.3

Impulsanstiegszeit

t_r

Zeitspanne zwischen dem ersten Zeitpunkt, zu dem die Impulsamplitude 10 % der Spitzenimpulsamplitude erreicht, und dem ersten Zeitpunkt, zu dem die Impulsamplitude 90 % der Spitzenimpulsamplitude erreicht, wobei alle unerwünschten oder belanglosen Teile der Impulsform außer Betracht bleiben

3.3.4

Impulsabfallzeit

t_f

Zeitspanne zwischen dem letzten Zeitpunkt, zu dem die Impulsamplitude 90 % der Spitzenimpulsamplitude erreicht, und dem nächsten Zeitpunkt, zu dem die Impulsamplitude 10 % der Spitzenimpulsamplitude erreicht, wobei alle unerwünschten oder belanglosen Teile der Impulsform außer Betracht bleiben

Anmerkung 1 zum Begriff: Wo der Wert der Schräge 10 % der Spitzenimpulsamplitude erreicht, kann der obere Punkt, der die Abfallzeit definiert, durch den letzten augenblicklichen Wert, bei dem die Impulsamplitude 80 % der Spitzenimpulsamplitude erreicht, ersetzt werden.

3.3.5

Statik

Unterschied zwischen der Spitzenimpulsamplitude und der Amplitude der extrapolierten glatten Kurve durch den oberen Teil des Impulses unter Ausschluss aller anfänglichen „Spitzen“ und „Überschwinger“, in deren Schnittpunkt mit der geraden Linie durch die Punkte, die die Abfalldauer des Impulses definieren, ausgedrückt in Prozent der Spitzenimpulsamplitude

3.3.6

Impulsspitzenwert

Höchstwert des Impulses

3.3.7

Überschwingen

Betrag, um den der Spitzenwert des Impulses die Spitzenimpulsamplitude überschreitet, ausgedrückt in Prozent der Spitzenimpulsamplitude

3.3.8

Rückschwingen

größte Amplitude des rückschwingenden Impulses, d. h. der Teil des Impulses, der auf den Nulldurchgang folgt, ausgedrückt in Prozent der Spitzenimpulsamplitude

3.3.9

Nachschwingen

höchste Amplitude der Schwingung, die auf das Rückschwingen folgt, ausgedrückt in Prozent der Spitzenimpulsamplitude

3.3.10

Wiederbereitschaftszeit

Erholzeit

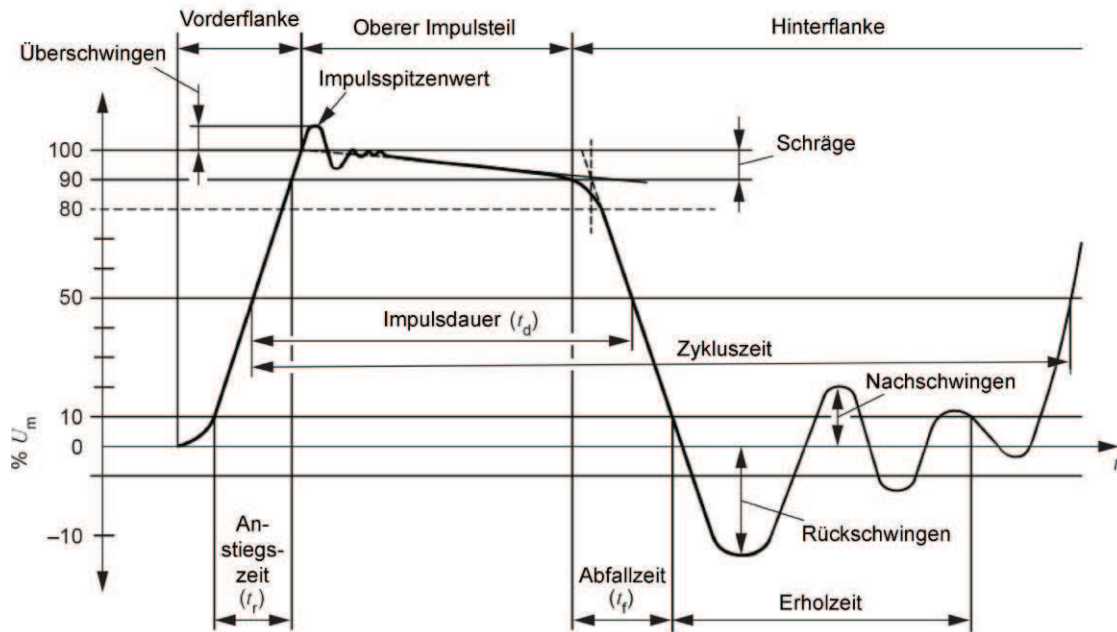
Zeitintervall zwischen dem Ende der Abfalldauer des Impulses und dem Zeitpunkt, zu dem die Impulsamplitude zuletzt 10 % der Spitzenimpulsamplitude erreicht

Anmerkung 1 zum Begriff: In den Fällen, in denen ein kleinerer Wert als 10 % verwendet werden darf, wird ausnahmsweise von der „X-%-Erholzeit“ gesprochen.

3.3.11

Impulsfolgefrequenz

mittlere in der Zeiteinheit auftretende Anzahl von Impulsen, unabhängig von der Zeitspanne, während der gemessen wird



Vorderkante: die Zeitspanne zwischen dem ersten Zeitpunkt, zu dem die Impulsamplitude beginnt, und dem ersten Zeitpunkt, zu dem die Impulsamplitude die Spitzenimpulsamplitude erreicht.

Oberer Impulsteil: die Zeitspanne zwischen dem ersten Zeitpunkt, zu dem die Impulsamplitude gleich der Spitzenimpulsamplitude ist, und den letzten Zeitpunkten, zu denen die Impulsamplitude gleich 90 % der Spitzenimpulsamplitude ist.

Abfallende Flanke: die Zeitspanne zwischen den letzten Zeitpunkten, zu dem die Impulsamplitude gleich 90 % der Spitzenimpulsamplitude ist, und den ersten Zeitpunkten, zu denen die Impulsamplitude des zweiten Zyklus beginnt.

Zur Erläuterung der Schräge wurden die 80%- und 10%-Punkte zur Erstellung der Linie verwendet, die die Grenze zwischen dem oberen Impulsteil und der Impulshinterflanke bestimmt.

Bild 1 – Bestimmung der Kenngrößen der Wellenform

3.4

Gütefaktor

Q-Faktor

Verhältnis der bei einer bestimmten Frequenz in einer bestimmten Wicklung gespeicherten Energie zu der entsprechenden verbrauchten Energie

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Q -Faktor wird ausgedrückt durch den Blind- und Verlustwiderstand im Reihen- oder Parallelschaltbild.

3.5

Oberwellengehalt

Quadratwurzel aus der Summe der Quadrate aller Oberwellenspannungen bis einschließlich der siebten Oberwellenspannung (die Grundwelle nicht einbezogen), ausgedrückt als Prozentsatz oder Verhältnis in Dezibel (dB) zur Grundwelle

3.6

höchste Wicklungstemperatur

bei Volllast mittlerer Temperaturanstieg jeder Wicklung des Bauelements bei höchster Umgebungstemperatur, wenn das thermische Gleichgewicht erreicht ist, zuzüglich der festgelegten höchsten Umgebungstemperatur

3.7

Spannungszeitflächenbelastbarkeit

Impulsspannung multipliziert mit der Zeitspanne zwischen den ersten und letzten Zeitpunkten, zu denen die Impulsamplitude 50 % der Spitzenimpulsamplitude erreicht

Anmerkung 1 zum Begriff: Beginn des Impulses, während der die Nichtlinearität des Magnetisierungsstroms einen festgelegten Wert nicht überschreitet.

3.8

Hintergrundrauschen akustisches Rauschen

an einem Messpunkt gemessenen Hintergrundgeräusche, während das zu prüfende Bauelement elektrisch nicht erregt ist

3.9

Kompass-Sicherheitsabstand

Abstand der Drehachse des Prüfmagnetometers oder der Magnethadel zu dem nächsten Punkt auf der Oberfläche des geprüften Bauelements, bei dem die magnetische Abweichung auf einen bestimmten Wert begrenzt ist

3.10

Tastverhältnis

Verhältnis der Impulsdauer t_d zur Zykluszeit

3.11

Stromparameter des Transformators

3.11.1

Last

Eigenschaft des Schaltkreises, der mit der Sekundärwicklung des Transformators verbunden ist, durch die die Wirkleistung und die Blindleistung des Sekundäranschlusses bestimmt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Last wird als Gesamtimpedanz mit einem Wirk- und Blindwiderstandsanteil oder als Scheinleistungs- oder Wirkleistungsfaktor bei einem bestimmten Strom und einer bestimmten Frequenz ausgedrückt.

3.11.2

Stromtransformationsfaktor

k

Verhältnis des Effektivwerts des Primärstroms zum Effektivwert des Sekundärstroms unter festgelegten Bedingungen

3.11.3

Phasenwinkel

Phasenverschiebungswinkel der Grundfrequenz zwischen den Vektoren, die den primären und sekundären Strom des Transformators darstellen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Phasenwinkel ist positiv, wenn der Sekundärstrom dem Primärstrom vorausgeht.

3.11.4

Verhältnissfehler

Differenz zwischen dem gemessenen Stromübersetzungsverhältnis k und dessen Nennwert k_n , geteilt durch den gemessenen Wert k und als Prozentanteil ausgedrückt

$$\frac{k_n - k}{k} \cdot 100\%$$

3.12

elektrostatischer Schirm

leitender Schirm, der so zwischen die Wicklungen eingeführt wird, dass, wenn er geerdet ist oder die Punkte bei denen die Spannungspotentiale konstant sind, die Übertragung von unerwünschten Signalen von einer Wicklung auf die andere Wicklung durch die Kapazität zwischen den Wicklungen erheblich vermindert

3.13

Sicherheitsschirm

leitender Schirm, der so zwischen die Wicklungen eingeführt wird, dass er, wenn er geerdet ist, Fehlerströme, die zwischen diesen Wicklungen fließen, im Fall eines Isolationsfehlers wirksam verhindert

3.14

Polarität

<Einphasenwicklungen> Eigenschaft einer Einphasenwicklung, bei der ein Anschluss einer Wicklung dieselbe Polarität aufweist wie der Anschluss an einer anderen Wicklung (wenn die anderen Wicklungsenden so miteinander verbunden sind, dass sie einen gemeinsamen Anschluss bilden und der Transformator/die Drossel durch eine sinusförmige Spannung gespeist wird), falls die induzierte Spannung zwischen jedem der zwei Anschlüsse und dem gemeinsamen Anschluss durch den Nullpunkt in positiver Richtung zu demselben Zeitpunkt ansteigt

3.15

gleichmäßig isolierte Wicklung

Wicklung, bei der die Isolation gegen Erde an allen Punkten so ausgelegt ist, dass sie die Spannungsfestigkeitsprüfungen bei einem für das maximale Spannungspotential, das an der Hochspannungsgrenze angelegt wird, geeigneten Wert besteht

3.16

abgestuft isolierte Wicklung

Wicklung, bei der die Isolation gegen Erde zwischen dem Wert der Hochspannungsgrenze und einem niedrigeren Wert der Niederspannungsgrenze abgestuft wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine derartige Wicklung sollte eine Spannungsfestigkeitsprüfung bei einem für die Isolation geeigneten Wert der Niederspannungsgrenze bestehen.

3.17

Frequenzbewertungscharakteristik

A

Am häufigsten verwendete Frequenzkurve bei der Messung des Schalldruckpegels

4 Prüfverfahren

4.1 Prüf- und Messbedingungen

4.1.1 Allgemeines

Sofern nicht anders festgelegt, müssen alle Prüfungen bei Normalklima nach IEC 60068-1 durchgeführt werden. Wenn die Forderung besteht, dass die Bauelemente Temperaturgleichgewicht erreichen, so muss dies IEC 60068-1:2013, 4.4 entsprechen.

Wenn nicht anders in der Bauartspezifikation festgelegt, müssen alle Spannungen und Ströme sinusförmig sein; es sind Effektivwerte zu benutzen, und eine mehrphasige Spannung ist als ausgeglichen anzunehmen.

Die „anzugebenden Informationen“, die erforderlich sind, um die Beschreibung der Prüfverfahren in Abschnitt 4 zu vervollständigen, müssen in den entsprechenden Bauartspezifikationen für das Bauelement angegeben werden. Die Bauartspezifikationen müssen auch die in Verbindung mit einem Bauelement anzuwendenden Prüfadapter verwenden, wenn dies für die Anwendung bei Frequenzen vorgesehen ist, die hoch genug sind, um eine signifikante Länge der Zuleitungen zu erzielen.

Empfohlene Prüfungen und Spezifikationen für spezifische Transformatorgruppen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1 – Empfohlene Prüfungen und Spezifikationen für spezifische Transformator- und Drosselgruppen

Prüfverfahren	Filament	Isolierend	Strombegrenzung	Gleichrichter	Kombination	Ferroresonanz	Stromrichter	Mehrphase	Modus wechseln	Großer Gleichrichter	Spannungssenkung	Spannungserhöhung	Wechselrichtung geringes	Impedanzanpassung	Gleichstrom isolierend	Gleichtaktunterdrückung	Potentialtransformatoren	Stromwandler	Filterdrosseln	Ladungs-drosseln	Hybridtransformatoren	HF-Transformatoren	Netzumwandler
Wicklungswiderstand (4.4.1)																							
Gleichstrom-Wicklungswiderstand (4.4.1.1)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Wechselstromwiderstand (4.4.1.2)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Kontinuität (4.4.1.3)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Isolationsprüfungen (4.4.2)																							
Dielektrische Spannungsprüfung (4.4.2.1)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x	x	x
Induzierte Spannungsprüfung (4.4.2.2)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x
Isolationswiderstand (4.4.2.3)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Verluste (4.4.3)																							
Leerlaufstrom (4.4.3.1)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x										
Leerlaufverlust (4.4.3.2)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x										
Verluste (4.4.3)																							
Gütefaktor Q (4.4.3.3)																			x	x			
Kurzschlussleistungsprüfung (4.4.3.4)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x										
Effizienz (4.4.3.5)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x										
Induktivität (4.4.4)																							
Wirksame Induktivität (4.4.4.1)							x		x						x			x	x	x			x
Streuinduktivität, L1 (4.4.4.2)	x	x	x						x		x	x	x	x	x	x	x				x		x
Unsymmetrie (4.4.5)																							
Kapazitätsunsymmetrie (4.4.5.1)											x		x	x	x	x					x		

Prüfverfahren	Filament	Isolierend	Strombegrenzung	Gleichrichter	Kombination	Ferroresonanz	Stromrichter	Mehrphase	Modus wechseln	Großer Gleichrichter	Spannungssenkung	Spannungserhöhung	Wechselrichtung geringes	Impedanzanpassung	Gleichstrom isolierend	Gleichtaktunterdrückung	Potentialtransformatoren	Stromwandler	Filterdrosseln	Ladungsrosseln	Hybridtransformatoren	HF-Transformatoren	Netzumwandler
Gleichtaktunterdrückungsverhältnis (4.4.5.2)																							x
Impedanzunsymmetrie (4.4.5.3)																						x	
Übersprechdämpfung (4.4.5.4)												x											
Spannungsunsymmetrie (4.4.5.5)															x								
Widerstandsunsymmetrie (4.4.5.6)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Phasenunsymmetrie (4.4.5.7)																		x				x	
Amplitudenunsymmetrie (Hochfrequenz) (4.4.5.8)																						x	
Kapazität (4.4.6)																							
Eigenkapazität (verteilte Kapazität) (4.4.6.1)									x		x			x	x	x					x		
Kapazität zwischen Wicklungen (4.4.6.2)												x	x	x	x	x							
Kapazität (4.4.6)																							
Kapazität zwischen Bauteilen (4.4.6.3)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x			x		
Übersetzungsverhältnisse (4.4.7)																							
Übersetzungsverhältnis nach Impedanz (4.4.7.1)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Kopplungskoeffizient (4.4.7.2)									x		x	x		x	x	x							
Spannungsübersetzungsverhältnis (4.4.7.3)																	x						
Stromübersetzungsverhältnis (4.4.7.4)																		x					
Resonanzfrequenz (4.4.8)																							

Prüfverfahren	Filament	Isolierend	Strombegrenzung	Gleichrichter	Kombination	Ferroresonanz	Stromrichter	Mehrphase	Modus wechseln	Großer Gleichrichter	Spannungssenkung	Spannungserhöhung	Wechselrichtung geringes	Impedanzanpassung	Gleichstrom isolierend	Gleichtaktunterdrückung	Potentialtransformatoren	Stromwandler	Filterdrosseln	Ladungsrosseln	Hybridtransformatoren	HF-Transformatoren	Netzumwandler
Eigenresonanz (4.4.8.2)						x	x							x		x					x		
Resonanzschwingkreis (4.4.8.3)					x	x	x							x		x					x		
Signalübertragungseigenschaften (4.4.9)																							
Einfügungsdämpfung (4.4.9.1)											x	x	x	x								x	x
Rückflusssdämpfung (4.4.9.2)											x	x	x	x									x
Übersprechen (4.4.10)																							x
Frequenzverhalten (4.4.11)														x	x	x					x		
Impulseigenschaften (4.4.12)									x		x	x	x										
Spannungszeitflächen-Belastbarkeit (4.4.13)											x	x	x										
Gesamte harmonische Verzerrung (4.4.14)														x	x	x							
Spannungsänderung (4.4.15)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
Temperaturanstieg (4.4.16)																							
Verfahren auf der Grundlage der Änderung des Gleichstromwiderstands einer Wicklung (4.4.16.1)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x						x	x			
Verfahren unter Verwendung einer zusätzlichen Doppel-drahtgegenwicklung (4.4.16.2)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x						x	x			
Oberflächentemperatur (4.4.17)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x									x	x			
Polarität (4.4.18)		x		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x

Prüfverfahren	Filament	Isolierend	Strombegrenzung	Gleichrichter	Kombination	Ferroresonanz	Stromrichter	Mehrphase	Modus wechseln	Großer Gleichrichter	Spannungssenkung	Spannungserhöhung	Wechselrichtung geringes	Impedanzanpassung	Gleichstrom isolierend	Gleichtaktunterdrückung	Potentialtransformatoren	Stromwandler	Filterdrosseln	Ladungsrosseln	Hybridtransformatoren	HF-Transformatoren	Netzumwandler
Schirme (4.4.19)																							
Kapazitive Prüfung von Schirmen (4.4.19.1)		x		x	x				x	x	x			x	x	x	x	x			x		
Sicherheitsschirme (4.4.19.2)															x		x						
Akustisches Rauschen (4.4.20)																							
Akustisches Rauschen (4.4.20.1)	x	x	x	x	x	x		x	x	x				x									
Elektromagnetische Störungen (4.4.20.2)	x	x	x	x	x	x		x	x	x				x									
Koronaprüfungen (4.4.21)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x							x	x	x	x			
Magnetische Felder (4.4.22)																							
Magnetische Schirmung (4.4.22.1)									x														
Magnetischer Einfluss (sicherer Kompassabstand) (4.4.22.2)														x		x							
Magnetisches Streufeld (4.4.22.3)		x		x	x			x	x	x			x	x	x	x	x						
Einschaltstrom (4.4.23)			x															x					

4.1.2 Messunsicherheit

Die in der Bauartspezifikation angegebenen Grenzwerte müssen Absolutwerte sein. Die dem jeweiligen Messsystem zuzuordnenden Grenzabweichungen müssen berücksichtigt werden, wenn die Messungen mit den festgelegten Grenzwerten verglichen werden. Wo Grenzabweichungen im Hinblick auf die einzustellenden Bedingungen oder Gerätefehler festgelegt wurden, müssen diese als zusätzliche Mindestanforderungen betrachtet werden.

4.1.3 Alternative Prüfverfahren

Die in den relevanten Spezifikationen angegebenen Prüf- und Messverfahren müssen nicht als die einzigen Verfahren angesehen werden, die angewendet werden dürfen. Spezielle Prüfgeräte und automatische Prüfeinrichtungen sind verfügbar und dürfen ebenfalls verwendet werden. Der Prüfer muss jedoch dem

Anwender oder der relevanten Behörde¹ nachweisen, dass diese anderen Verfahren, die er anwendet, gleichwertige Ergebnisse² erzielen wie die mit den Standardverfahren erhaltenen Ergebnisse. Bei Unstimmigkeiten dürfen für Schieds- und Bezugszwecke nur die festgelegten Verfahren verwendet werden.

4.2 Sichtprüfung

4.2.1 Allgemeines

Sichtprüfungen müssen bei fertigungsüblicher Beleuchtung ohne zusätzliche optische Hilfsmittel durchgeführt werden. Der Zustand, die Ausführung, die Kennzeichnung und die Oberfläche müssen zufriedenstellend sein.

ANMERKUNG Wenn eine besondere Beleuchtung und/oder optische Hilfsmittel für die Abnahme besonderer Bauelemente notwendig sind (z. B. sehr kleine Bauelemente, wie beispielsweise 1812/4532 oder weniger), können diese als zusätzliche Prüfungen in die betreffende Bauartspezifikation aufgenommen werden.

4.2.2 Lage des Sicherheitsschirms

ANMERKUNG 1 Manchmal wird auch anstelle von „Sicherheitsschirm“ der Ausdruck „Isolationsschirm“ gebraucht.

Zweck: Bestimmung der Anordnung eines Sicherheitsschirms in Bezug auf die benachbarten Wicklungen.

Verfahren: Der in der endgültigen Lage angebrachte Sicherheitsschirm muss durch die Sichtprüfung geprüft werden, ehe er durch weitere Wicklungen verdeckt wird. Der Sicherheitsschirm muss:

- a) die Wicklung, auf der er aufgebracht ist, vollständig bedecken, und zwar so, dass das „Ende“ den „Anfang“ um nicht weniger als den in der Bauartspezifikation angegebenen Betrag überlappt;
- b) so isoliert sein, dass keine Kurzschlusswicklung entsteht.

ANMERKUNG 2 An Ringkerntransformatoren angebrachte Schirme können aus mehreren Windungen aus leitfähigem Band bestehen, sofern jede Windung die nächste um mindestens 5 % der Breite des Bandes überlappt.

Erforderliche Angaben:

- a) Mindestüberlappung;
- b) Mindestkriechstrecken.

4.2.3 Ausführung der Lötverbindungen

ANMERKUNG Eine Lötverbindung wird als gut bezeichnet, wenn zwischen den verbundenen Teilen ein hervorragender elektrischer Kontakt und eine gute mechanische Festigkeit besteht. Beispiele für gute Lötverbindungen sind in Bild 2 dargestellt. Bild 3 zeigt fehlerhafte Lötverbindungen.

Zweck: Bestimmen der Qualität aller Lötverbindungen.

Verfahren: Alle Lötverbindungen müssen untersucht werden, um sicherzustellen, dass die folgenden Anforderungen erfüllt sind.

Anforderungen: Lötverbindungen müssen:

- a) gute Verzinnung zeigen, gekennzeichnet durch freies Fließen des Lots mit Benetzen der Anschlüsse;

¹ Wie beispielsweise die nationale Überwachungsstelle innerhalb des IECQ-Systems oder ein gleichwertiges Verfahren.

² Mit „gleichwertig“ ist hier gemeint, dass die charakteristischen Werte der anderen Verfahren, die als akzeptabel innerhalb der für dieses andere Verfahren festgelegten Grenzen gelten, innerhalb der festgelegten Grenzen liegen, wenn sie durch das festgelegte Verfahren gemessen werden.

- b) glatt und ohne Spitzen sein;
- c) blank sein und glänzen;
- d) frei von rauen Stellen sein;
- e) eine konkave Oberfläche haben, unter der die Umrisse des Drahts sichtbar sein müssen;
- f) ohne Bewegung während des Lötvorgangs hergestellt sein (solche Lötstellen zeigen einen „Orangenschaleneffekt“ wie in Bild 3 a) dargestellt);
- g) nicht „kalt“ sein (d. h. an der Übergangsstelle zwischen Lot und Draht darf keine scharfe Grenzlinie sichtbar sein; es darf kein großer Kontaktwinkel zwischen Draht und Lot auftreten (siehe Bild 3 b));
- h) ohne bleibende mechanische Spannungen mit den Anschlüssen verbunden sein (siehe Bild 3 c));
- i) ohne „Dochtwirkung“ gelötet sein (d. h. der Verbindungsdraht darf nicht überhitzt sein, wodurch Lot in die mehrdrahtige Ader gesaugt wird (siehe Bild 3 d));
- j) vor dem Schweißen frei von Kerben und Kratzen am herausführenden Ende sein (siehe Bild 3 e));
- k) frei von Löttrissen am Punktschweißende sein (siehe Bild 3 f));
- l) frei von Nichtbenetzung sein (siehe Bild 3 g));
- m) frei von Vorsprüngen am Schweißende sein (siehe Bild 3 h)).

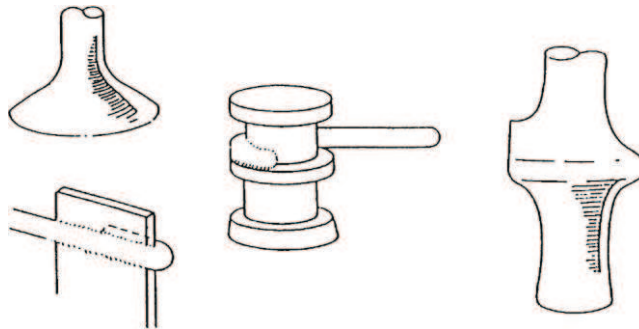
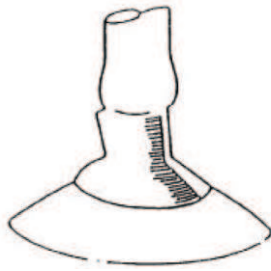
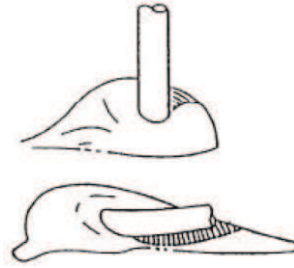


Bild 2 – Beispiele guter Lötverbindungen



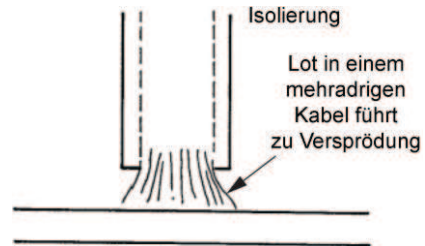
a) Verschobene Lötverbindung



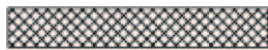
b) Trockene Lötverbindungen



c) Mechanisch beanspruchte Lötverbindung

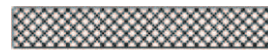


d) Dochtwirkung



Kratzer

e) Kratzer

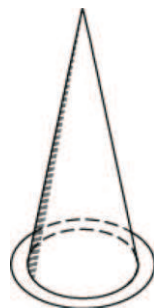


Rissbildung

f) Rissbildung



g) Nichtbenetzung



h) Spitze des Schweißendes

Bild 3 – Beispiele fehlerhafter Lötverbindungen

4.3 Abmessungen und mechanische Messverfahren

Die Abmessungen müssen auf ihre Übereinstimmung mit der relevanten Spezifikation überprüft werden.

4.4 Elektrische Prüfverfahren

4.4.1 Wicklungswiderstand

4.4.1.1 Gleichstrom-Wicklungswiderstand

Zweck: Bestimmung des Gleichstromwiderstands einer Wicklung oder der Wicklungen zwischen festgelegten Anschlüssen.

Verfahren: Der Isolationswiderstand muss durch ein geeignetes Verfahren gemessen werden (siehe Anhang A).

Wenn es in der Bauartspezifikation gefordert ist, muss die Umgebungstemperatur θ (in °C) gemessen und das Ergebnis der Widerstandsmessung R_m (in Ω) mittels der folgenden Gleichung auf den entsprechenden Wert bei 20 °C, R_{20} (in Ω) korrigiert werden:

$$R_{20} = \frac{k + 20}{k + \theta} R_m$$
$$k = \frac{1}{\alpha_{20}} - 20$$

Dabei ist

- k eine Konstante in Verbindung mit dem Temperaturkoeffizienten des Widerstands. Für die Anwendung dieses Dokuments muss der Wert für Kupfer als 234,5 und für Aluminium als 228,1 herangezogen werden;
 α_{20} ein Temperaturkoeffizient des Widerstandswertes des Wicklungsleiters bei 20 °C.

Aus Gründen der Sicherheit sollte darauf geachtet werden, Stromschläge aufgrund kurzgeschlossener Wicklungen, die zum Zeitpunkt von Stromunterbrechungen eine hohe Spannung erzeugen, zu vermeiden.

Erforderliche Angaben:

- a) Anschlüsse, zwischen denen die Messung durchzuführen ist;
- b) ob das Messergebnis auf 20 °C korrigiert werden sollte und wenn ja, ob der Wert für k durch den Temperaturkoeffizienten des Widerstandswertes korrigiert wird.

Das ausgewählte Verfahren sollte hinsichtlich der einfachen Anwendbarkeit des Prüfverfahrens und der erforderlichen Genauigkeit bestimmt werden. Die Genauigkeit des Messgeräts sollte mindestens zehnmal besser sein als die für die Prüfung erforderliche Genauigkeit.

Der Messstrom sollte nicht so groß sein, dass eine Eigenerwärmung oder ein merklicher Magnetisierungseffekt des Bauelements auftritt

4.4.1.2 Wechselstromwiderstand

Zweck: Bestimmen des Wechselstromwiderstands bei Bemessungsbetriebsfrequenz.

Verfahren: Eine geeignete Wechselstromquelle muss angewendet und die Prüffrequenz und Wechselspannung müssen angegeben werden.

Erforderliche Angaben:

- zu prüfende Wicklung.

Bei der Prüfung sollte darauf geachtet werden, dass im Falle von Bauelementen mit hoher Induktivität Stromschlaggefahr vermieden wird, da eine hohe Spannung erzeugt werden kann.

4.4.1.3 Elektrischer Durchgang

Zweck: Verifizieren des elektrischen Durchgangs einer festgelegten Wicklung.

Verfahren: Der Durchgang muss mithilfe einer geeigneten Gleich- oder Wechselspannungsquelle und/oder Stromquelle und einem geeigneten Messgerät nachgewiesen werden.

Erforderliche Angaben:

- zu prüfende Wicklung.

Der Strom sollte nicht so groß sein, dass eine erhebliche Magnetisierung an dem Bauelement auftreten kann.

Bei der Prüfung einer Wicklung mit hoher Induktivität sollte Vorsicht geboten werden, da eine hohe Spannung erzeugt werden kann.

ANMERKUNG Bei Vorliegen von Parallelpfaden wie etwa bei Mehrfachwicklungen oder mehrphasigen Bauelementen kann eine Gleichstromwiderstandsprüfung erforderlich sein, um sicherzustellen, dass der geprüfte Strompfad nicht durch Nebenschlüsse beeinflusst wird.

4.4.2 Isolationsprüfungen

4.4.2.1 Dielektrische Stehspannungsprüfung

Zweck: Sicherstellen, dass die Isolation der gleichmäßig isolierten Wicklung und die Isolation am niedrigen Spannungsende der abgestuft isolierten Wicklung ausreichend sind.

ANMERKUNG 1 Diese Prüfung ist nicht für die Isolierung am Hochspannungsende abgestuft isolierter Wicklungen oder Wicklungen, die an einem Punkt geerdet sind, geeignet. Die Isolierung am Hochspannungsende solcher Wicklungen kann nur durch die Anwendung einer geeigneten induzierten Spannungsprüfung der speziellen Prüfbedingungen von 4.4.2.2 Punkt b) geprüft werden.

ANMERKUNG 2 In bestimmten Fällen kann es empfehlenswert sein, die Eignung der Isolierung am Niederspannungsende abgestuft isolierter Wicklungen während der induzierten Spannungsprüfung der speziellen Prüfbedingungen von 4.4.2.2 Punkt b) nachzuweisen.

Verfahren: Eine Prüfspannung, deren Wert von Tabelle 2 stammt, sofern nichts anderes angegeben ist. Die Prüfspannung muss zwischen festgelegten Paaren isolierter Elemente des Bauelements angelegt werden. Alle Wicklungen müssen kurzgeschlossen werden. Wicklungen und Schirme an einer Seite des Isolationssystems müssen mit dem Rahmen, dem Kern und der Erde verbunden werden, während die Wicklungen und Schirme an der anderen Seite miteinander verbunden werden müssen. Das Prüfgerät sollte über eine ausreichende Ausgangsleistung (siehe Anhang B) verfügen.

Tabelle 2 – Spannung der dielektrischen Stehspannungsprüfung

Spitzenarbeitsspannung V_{pk}	Prüfwechselspannung, 45 Hz bis 65 Hz (RMS) V_{RMS}	Prüfgleichspannung V
< 25	50	71
> 25 bis 50	100	141
> 50 bis 100	300	424
> 100 bis 175	500	707
> 175 bis 700	2,8 × Spitzenarbeitsspannung	4 × Spitzenarbeitsspannung
> 700	1,4 × Spitzenarbeitsspannung + 1 000	2 × Spitzenarbeitsspannung + 1 400

Die Prüfspannung muss in angepasster Weise mit höchstens 2 kV/s von null bis zu dem festgelegten Wert erhöht werden. Dieser Wert wird anschließend für eine festgelegte Zeitspanne (sofern kein Zusammenbruch entsteht) gehalten und dann in der gleichen Weise auf null abgesenkt.

Bei flüssigkeitsgefüllten Bauelementen mit Ausnahme solcher, die nur zum Betrieb in einer bestimmten Lage gekennzeichnet sind, müssen die Prüflinge ungefähr zur Hälfte ihrer Anzahl mit den Anschlüssen nach oben und/oder mit den Anschlüssen nach unten geprüft werden.

Wenn eine Umgebungsbedingung in der Bauartspezifikation für diese Prüfung gefordert ist, muss das Bauelement für mindestens 6 h unter den festgelegten Bedingungen gehalten werden, sofern nicht anders angegeben. (siehe IEC 60068 für Angaben zum Umweltprüfverfahren)

Es dürfen keine Anzeichen für Erwärmung, Zusammenbruch oder Verschlechterung auftreten. Ionisation darf nicht als Ausfallkriterium gelten. Der Ableitstrom darf den festgelegten Wert nicht überschreiten.

Erforderliche Angaben:

- Wicklungsenden, zwischen denen die Prüfung durchgeführt werden soll;
- die Prüfspannung (für abgestuft isolierte Wicklungen müssen die Werte für beide Enden der Wicklung angegeben werden);
- die Frequenz der Prüfwechselspannung (sofern diese sich von den in Tabelle 2 angegebenen Werten unterscheidet);
- Prüfdauer;
- der maximale Ableitstrom, sofern festgelegt.

ANMERKUNG Wenn bei der Prüfung ein Zusammenbruch auftritt, kann dieser zunächst dadurch festgestellt werden, dass der Ableitstrom sporadisch mit Unterbrechungen ansteigt, gefolgt von einem erheblichen Anstieg auf einen konstanten höheren Wert, der bei vielen elektrischen Durchschlagfestigkeitsprüfungen von einem teilweisen oder vollständigen Zusammenbruch der Spannung begleitet ist. Diese Art des Zusammenbruchs kann durch einen teilweisen Zusammenbruch innerhalb der ionisierten Hohlräume oder in schwacher Isolierung erfolgen und dann lawinenartig zu einem vollständigen Zusammenbruch in Form eines Überschlags oder Durchschlags führen.

Durchschlagfestigkeitsprüfspannungen können gefährlich sein. Bei der Durchführung solcher Prüfungen sollte daher äußerste Vorsicht geboten werden.

4.4.2.2 Induzierte Spannungsprüfung

Zweck: Überprüfen der Funktionalität einer Wicklungsisolation oder Zwischenlagenisolation von Transformatoren oder Drosseln und Überprüfung der Funktionalität der Isolation am Hochspannungsende einer abgestuft isolierten Wicklung.

Spezielle Prüfbedingungen:

Die folgenden speziellen Bedingungen gelten:

- a) Gleichmäßig isolierte Wicklungen werden üblicherweise nach Verfahren 1, 2 oder 3 geprüft, je nachdem, welches Verfahren besser geeignet ist. Sofern festgelegt, kann jeder Punkt der Wicklung während der Prüfung geerdet sein.
- b) Abgestuft isolierte Wicklungen werden üblicherweise nach Verfahren 1, 2 oder 3 geprüft, je nachdem, welches Verfahren besser geeignet ist. Ein Punkt einer derartigen Wicklung kann geerdet oder während der Prüfung auf eine festgelegte Spannung über der Erdspannung erhöht werden. Die induzierte Spannung muss, wenn sie vektoriell mit jeder anderen angelegten Spannung addiert wird, derart sein, dass das hohe Spannungsende der Wicklung annähernd auf den Wert der Spitzenprüfspannung in 4.4.2.1 erhöht wird.

Wenn die festgelegte Spannung über Erde alterniert, muss sie dieselbe Frequenz aufweisen wie die induzierte Spannung (siehe Anhang C).

Während der Durchführung der induzierten Spannungsprüfung sollte grundsätzlich keine Wicklung „schwimmen“, d. h. an beiden Enden unverbunden bleiben.

Verfahren 1: Anwendbar für Transformatoren und Drosseln für Anregungsanwendungen durch sinusförmige Wellenformen.

Eine vorgeschriebene Prüfspannung, die nicht weniger als doppelt so groß wie die Versorgungsbemessungsspannung ist und deren Frequenz mindestens doppelt so groß wie die niedrigste Bemessungsfrequenz ist, muss über die festgelegte Wicklung angelegt werden. Die Dauer und Art der Anwendung muss den Festlegungen der Bauartspezifikation entsprechen.

Verfahren 2: Anwendbar für Transformatoren und Drosseln für Anregungsanwendungen durch Impulswellenformen.

Es müssen festgelegte Prüfspannungsimpulse mit einer Amplitude von nicht weniger als der doppelten Bemessungsimpulsamplitude bei einer festgelegten Impulswiederholffrequenz von nicht weniger als 25 % der höchsten Impulswiederholffrequenz und mit einer festgelegten Impulsdauer von nicht weniger als 25 % der höchsten Impulsdauer und üblicherweise nicht mehr als 50 %³ der Bemessungsimpulsdauer über der Wicklung angelegt werden. Die Dauer und Art der Anwendung muss den Festlegungen der Bauartspezifikation entsprechen.

Verfahren 3: Anwendbar für Transformatoren und Drosseln, die mit nichtsinusförmigen periodischen Wellenformen angeregt werden, wie etwa in durch Halbleiterschaltungen getakteten Schaltnetzteilen.

Eine festgelegte sinusförmige Prüfspannung mit einem Scheitelwert von mindestens der doppelten Höhe des höchsten Bemessungsscheitelwerts der Eingangsspannungswellenform und einer wie nachfolgend beschriebenen festgelegten Frequenz muss an die festgelegte Wicklung angelegt werden. Die Dauer und Art der Anwendung muss den Festlegungen der Bauartspezifikation entsprechen.

Die Periodendauer der Prüffrequenz darf üblicherweise⁴ nicht größer sein als die effektiv größte Halbperiode der Betriebswellenform, für die das Bauelement vorgesehen ist, zum Beispiel im Fall von pulsbreitenmodulierten symmetrischen oder unsymmetrischen Wellenformen.

Die effektiv kürzeste Einschaltzeit des elektronischen Schalters muss als effektive Halbperiode betrachtet werden.

³ Impulsdauern von mehr als 50 % des höchsten Bemessungswerts dürfen festgelegt werden, wenn nachgewiesen werden kann, dass sie keine Sättigung des Kernflusses oder andere Unregelmäßigkeiten verursachen.

⁴ Eine geringere Prüffrequenz darf angewendet werden, wenn nachgewiesen werden kann, dass sie keine Sättigung des Kernflusses oder andere Unregelmäßigkeiten verursacht.