

DIN EN 62391-1

ICS 31.060.99

Einsprüche bis 2012-09-09
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 62391-1:2007-02

Entwurf

**Elektrische Doppelschichtkondensatoren zur Verwendung in
elektrischen und elektronischen Geräten –
Teil 1: Fachgrundspezifikation
(IEC 40/2149/CD:2012)**

Fixed electric double-layer capacitors for use in electric and electronic equipment –
Part 1: Generic specification
(IEC 40/2149/CD:2012)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2012-07-02 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an dke@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann
im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter
www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im
DIN und VDE (Hausanschrift: 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 78 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	4
1 Allgemeines	5
1.1 Anwendungsbereich	5
1.2 Normative Verweisungen	5
2 Technische Daten.....	6
2.1 Einheiten und Symbole.....	6
2.2 Begriffe	6
2.3 Bevorzugte Werte und Klasse	10
2.4 Kennzeichnung	10
3 Qualitätsbewertungsverfahren	11
4 Prüfungen und Messungen	11
4.1 Allgemeines	11
4.2 Prüf- und Messanforderungen.....	11
4.3 Trocknung.....	12
4.4 Sichtprüfung und Prüfung der Maße	12
4.5 Kapazität und Innenwiderstand (Messverfahren 1: Konstantstromentladung)	12
4.6 Kapazität und Innenwiderstand (Messverfahren 2).....	18
4.7 Reststrom	19
4.8 Erhaltungsspannung.....	20
4.9 Mechanische Widerstandsfähigkeit der Anschlüsse	21
4.10 Lötwärmebeständigkeit.....	22
4.11 Lötbarkeit.....	23
4.12 Rascher Temperaturwechsel	24
4.13 Schwingen	24
4.14 Feuchte Wärme, konstant	25
4.15 Dauerprüfung.....	25
4.16 Lagerung	26
4.17 Eigenschaften bei hoher und niedriger Temperatur.....	26
4.18 Lösemittelbeständigkeit des Bauelementes	27
4.19 Lösemittelbeständigkeit der Kennzeichnung.....	27
4.20 Passive Entflammbarkeit.....	28
4.21 Druckentlastung (soweit zutreffend).....	28
Anhang A (normativ) Klassifizierung nach Kapazität und Innenwiderstand.....	29
Anhang B (informativ) Messverfahren für die Kapazität und einen niedrigen Widerstand nach dem Wechselstromverfahren mit niedriger Frequenz (Referenzverfahren).....	31
Anhang C (informativ) Wärmegleichgewichtszeit von Kondensatoren.....	33
Anhang D (informativ) Lade-/Entladewirkungsgrad und Messstrom	35
Anhang E (informativ) Verfahren zur Einstellung des Messstromes für einen Kondensator mit unbekanntem Nenninnenwiderstand	37

	Seite
Literaturhinweise	38
Bild 1 – Grundschialtung für die Messung	13
Bild 2 – Spannungs-Zeit-Kennlinie zwischen den Kondensatoranschlüssen bei der Messung von Kapazität und Innenwiderstand	14
Bild 3 – Schaltung für das Ladeverfahren mit konstantem Widerstand	18
Bild 4 – Schaltung für den Wechselstrominnenwiderstand	19
Bild 5 – Prüfkurve der Erhaltungsspannung	20
Bild A.1 – Konzeptionelle, an den Kennwerten der einzelnen Klassen, orientierte Darstellung	30
Bild B.1 – System für die Kapazitätsmessung nach dem Wechselstromverfahren mit niedriger Frequenz	31
Bild C.1 – Wärmegleichgewichtszeiten von Kondensatoren (von 85 °C auf 25 °C)	33
Bild C.2 – Wärmegleichgewichtszeiten von Kondensatoren (von –40 °C auf 25 °C)	34
Bild C.3 – Temperaturänderungen in den zentralen Teilen von Kondensatoren (von 85 °C auf 25 °C)	34
Bild C.4 – Temperaturänderungen in den zentralen Teilen von Kondensatoren (von –40 °C auf 25 °C)	34

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 40/2149/CD:2012 „Fixed electric double-layer capacitors for use in electric and 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 611 „Kondensatoren“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnietsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

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

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen 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.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 62391-1:2007-02 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) Erweiterung des Anwendungsbereichs durch die Aufnahme elektrischer (Hochleistungs-)Anwendungen;
- c) Überarbeitung der Abschnitte 4.2, 4.5, 4.6, 4.10, 4.11 und 4.15;
- d) Überarbeitung von Anhang A;
- e) Aufnahme der informativen Anhänge C, D und E.

Elektrische Doppelschichtkondensatoren zur Verwendung in elektrischen und elektronischen Geräten – Teil 1: Fachgrundspezifikation

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 62391 gilt für elektrische Doppelschichtkondensatoren (nachfolgend als „Kondensator(en)“ bezeichnet), die hauptsächlich in Gleichstromkreisen elektrischer und elektronischer Geräte verwendet werden.

Diese Internationale Norm enthält Normbegriffe, Kontroll- und Prüfverfahren für den Gebrauch in Rahmen- und entsprechenden Spezifikationen für Bauelemente der Elektronik zur Qualitätsbewertung oder für andere Zwecke.

1.2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

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

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

IEC 60062, *Marking codes for resistors and capacitors*

IEC 60063, *Preferred number series 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 60068-2-2:2007, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat*

IEC 60068-2-6:2007, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-14:2009, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-20:2008, *Environmental testing – Part 2-20: Tests – Test T: Test methods for solderability and resistance to soldering heat of devices with leads*

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

IEC 60068-2-45:1980, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test XA and guidance: Immersion in cleaning solvents*
Amendment 1 (1993)

IEC 60068-2-47:1999, *Environmental testing – Part 2-47: Test methods – Mounting of components, equipment and other articles for vibration, impact and similar dynamic tests*

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 60068-2-78:2001, *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 60617 (alle Teile) [DB]¹, *Graphical symbols for diagrams*

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

IEC 60717:1981, *Method for determination of the space required by capacitors and resistors with unidirectional terminations*

IECQ 001002-3, *IEC Quality Assessment System for Electronic Components (IECQ) – Rules of Procedure – Part 3: Approval procedures*

ISO 1000:1992^{N1)}, *SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units*

2 Technische Daten

2.1 Einheiten und Symbole

Einheiten, Schaltzeichen, Formelzeichen und Begriffsbestimmungen sind so weit wie möglich den folgenden Dokumenten zu entnehmen:

- IEC 60027;
- IEC 60050;
- IEC 60617;
- ISO 1000^{N1)}.

Wenn weitere Angaben benötigt werden, sollten diese nach den Grundsätzen der oben genannten Dokumente gebildet werden.

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

[Quelle: IEC 60384-1:2008]

ANMERKUNG Bauelemente, die in verschiedenen entsprechenden Spezifikationen beschrieben sind, können in einigen Fällen als zur gleichen Bauart gehörend betrachtet werden.

2.2.2

Bauform

Untergruppe einer Bauart, Unterscheidungsmerkmal sind im Allgemeinen die Abmessungen; eine Bauform kann mehrere Ausführungsformen umfassen, die sich im Allgemeinen durch mechanische Einzelheiten unterscheiden

¹ „DB“ verweist auf die Online-Datenbank der IEC.

^{N1)} Nationale Fußnote. Hier muss es „ISO 80000-1:2009, *Quantities and units – Part 1: General*“ heißen.

2.2.3

Klasse

Klassifizierung des Kondensators nach Kapazitäts- und Innenwiderstandswert in Abhängigkeit von der Anwendung

2.2.4

Familie (von Bauelementen der Elektronik)

Gruppe von Bauelementen, die insbesondere ein bestimmtes physikalisches Merkmal aufweist und/oder eine bestimmte Funktion erfüllt

2.2.5

Unterfamilie (von Bauelementen der Elektronik)

Gruppe von Bauelementen innerhalb einer Familie, die nach ähnlichen technischen Verfahren hergestellt werden

2.2.6

Gleichspannungskondensator

Kondensator, der im Wesentlichen für die Verwendung bei Gleichspannung vorgesehen ist

ANMERKUNG Ein Gleichspannungskondensator muss nicht für den Betrieb an Wechselstromquellen geeignet sein.

2.2.7

Nennkapazität

C_N

Kapazitätswert, für den der Kondensator ausgelegt ist und der üblicherweise auf ihm angegeben ist

2.2.8

Kategorietemperaturbereich

Bereich der Umgebungstemperaturen, in dem der Kondensator aufgrund seiner Auslegung dauernd betrieben werden darf; er ist durch die untere und obere Kategorietemperatur definiert

2.2.9

untere Kategorietemperatur

niedrigste Umgebungstemperatur, bei der der Kondensator aufgrund seiner Auslegung dauernd betrieben werden darf

2.2.10

obere Kategorietemperatur

höchste Umgebungstemperatur, einschließlich der Eigenerwärmung, bei der der Kondensator aufgrund seiner Auslegung dauernd betrieben werden darf

[Quelle: IEC 61881-3]

2.2.11

Bemessungstemperatur

höchste Umgebungstemperatur, bei der die Bemessungsspannung dauernd anliegen darf

2.2.12

Bemessungsspannung (Gleichspannung)

U_R

höchste Gleichspannung oder Scheitelwert der Impulsspannung, die bzw. der bei Temperaturen zwischen der unteren Kategorietemperatur und der Bemessungstemperatur dauernd oder wiederholt am Kondensator anliegen darf

[Quelle: IEC 60384-1:2008]

2.2.13

Kategoriespannung

U_C

höchste Spannung, die am Kondensator dauernd bei seiner oberen Kategorietemperatur anliegen darf

2.2.14**temperaturabhängig geminderte Spannung**

höchste Spannung, die bei Temperaturen zwischen der Bemessungstemperatur und der oberen Kategorietemperatur dauernd am Kondensator anliegen darf

ANMERKUNG Angaben über die Temperaturabhängigkeit der Spannung bei Temperaturen zwischen der Bemessungstemperatur und der oberen Kategorietemperatur sind, falls erforderlich, in der entsprechenden Spezifikation enthalten.

2.2.15**Spitzenspannungsverhältnis**

Verhältnis der höchsten Momentanspannung, die an den Anschlüssen des Kondensators während einer festgelegten Dauer bei einer Temperatur im Kategorietemperaturbereich anliegen darf, zur Bemessungsspannung oder gegebenenfalls zur temperaturabhängig geminderte Spannung

ANMERKUNG Die Anzahl der zulässigen Wiederholungen je Stunde für das Anlegen dieser Spannung ist in der entsprechenden Spezifikation festgelegt.

2.2.16**Bemessungswert der überlagerten Wechselspannung**

Effektivwert der höchstzulässigen Wechselspannung mit einer festgelegten Frequenz, der der Gleichspannung überlagert ist und bei dem der Kondensator bei einer festgelegten Temperatur dauernd betrieben werden darf

ANMERKUNG Die Summe aus Gleichspannung und Scheitelwert der Wechselspannung am Kondensator darf die Bemessungsspannung oder, sofern zutreffend, die temperaturabhängig geminderte Spannung nicht überschreiten.

2.2.17**Umpolspannung** (nur für gepolte Kondensatoren)

an die Kondensatoranschlüsse mit umgekehrter Polung angelegte Spannung

2.2.18**Bemessungswert des überlagerten Wechselstromes**

Effektivwert des höchstzulässigen Wechselstromes mit einer festgelegten Frequenz, bei dem der Kondensator bei einer festgelegten Temperatur dauernd betrieben werden darf

2.2.19**Zeitkonstante**

Produkt aus Innenwiderstand (einschließlich Leitungswiderstand) und Kapazität, üblicherweise in Sekunden angegeben

2.2.20**Innenwiderstand**

Widerstandsanteil in einer Ersatzreihenschaltung aus Kapazität und Widerstand eines Kondensators, angegeben in Ohm (Ω)

2.2.21**Spannungsfall am Innenwiderstand**

Spannungsfall zwischen den Kondensatoranschlüssen, der durch den Beginn der Entladung erzeugt und quantitativ durch das Produkt aus Entladestrom und Innenwiderstand des Kondensators beschrieben wird

2.2.22**höchste Oberflächentemperatur des Kondensators**

Temperatur am wärmsten Punkt seiner äußeren Oberfläche

ANMERKUNG Die Anschlüsse gelten als Teil der äußeren Oberfläche.

2.2.23

niedrigste Oberflächentemperatur des Kondensators

Temperatur am kältesten Punkt seiner äußeren Oberfläche

ANMERKUNG Die Anschlüsse gelten als Teil der äußeren Oberfläche.

2.2.24

niedrigste Lagertemperatur

niedrigste Umgebungstemperatur, die der Kondensator in nicht betriebenem Zustand ohne Beschädigung aushalten muss

2.2.25

höchste Lagertemperatur

höchste Umgebungstemperatur, die der Kondensator in nicht betriebenem Zustand ohne Beschädigung aushalten muss

[Quelle: IEC 60384-1:2008]

2.2.26

Temperaturcharakteristik der Kapazität

höchste reversible Kapazitätsänderung, die sich über einen bestimmten Temperaturbereich innerhalb des Kategorietemperaturbereichs einstellt, üblicherweise als Prozentsatz der Kapazität bei der Bezugstemperatur von 20 °C angegeben

ANMERKUNG Der Begriff, der diese Eigenschaft charakterisiert, gilt hauptsächlich für Kondensatoren, bei denen die Kapazitätsänderung eine lineare oder nichtlineare Funktion der Temperatur ist, die nicht mit Präzision und Sicherheit angegeben werden kann.

2.2.27

sichtbarer Schaden

sichtbarer Schaden, der die Verwendbarkeit des Kondensators für den vorgesehenen Zweck beeinträchtigt

2.2.28

Reststrom

Wert des Stromes, der durch einen Kondensator fließt, nachdem er über eine festgelegte Dauer geladen wurde, angegeben in Ampere (A)

2.2.29

Erhaltungsspannung

gehaltene Spannung nach einer festgelegten Dauer unter Leerlaufbedingungen, nachdem der Kondensator über eine festgelegte Dauer geladen wurde

2.2.30

Temperaturanstieg

der Temperaturanstieg des Kondensators ist der Anstieg über die Umgebungstemperatur, der durch die Kondensatorverluste beim Betrieb unter Lade- und/oder Entladebedingungen verursacht wird

2.2.31

isolierter Kondensator

Kondensator, bei dem alle Anschlüsse einer Einzelkapazität auf ein Potential gebracht werden dürfen, das verschieden ist vom Potential einer beliebigen leitenden Oberfläche, mit der das Gehäuse bei üblicher Anwendung in Berührung kommen kann (wobei der Wert des Potentials aber mindestens gleich der Bemessungsspannung ist)

2.2.32

nichtisolierter Kondensator

Kondensator, bei dem kein Anschluss einer Einzelkapazität auf ein Potential gebracht werden darf, das verschieden ist von dem einer beliebigen leitenden Oberfläche, mit der das Gehäuse bei üblicher Anwendung in Berührung kommen kann (wobei der Wert des Potentials aber mindestens gleich der Bemessungsspannung ist)

2.2.33**oberflächenmontierbarer Kondensator**

Festkondensator, dessen kleine Abmessungen und dessen Art und Gestalt der Anschlüsse ihn für die Oberflächenmontage in Hybridschaltungen und auf Leiterplatten einsetzbar machen

2.2.34**passive Entflammbarkeit**

Entflammbarkeit, die durch äußere Erwärmung des Bauelements (z. B. durch Flammen) verursacht wird

2.2.35**aktive Entflammbarkeit**

Entflammbarkeit (Selbstentzündung), die durch Eigenerwärmung des Bauelementes verursacht wird (z. B. durch Funkenüberschlag aufgrund unzulänglicher innerer Kontaktgüte)

2.2.36**Kategorie der passiven Entflammbarkeit**

Kategorie der passiven Entflammbarkeit wird durch die längste Brenndauer nach einer festgelegten Einwirkdauer der Flamme angegeben

2.2.37**Masse**

Masse des Kondensators mit allen befestigten Teilen

2.2.38**Volumen**

Volumen des Kondensatorkörpers ohne Anschlüsse

2.3 Bevorzugte Werte und Klasse**2.3.1 Allgemeines**

Jede Rahmenspezifikation muss die für die Unterfamilie geeigneten Vorzugswerte festlegen.

ANMERKUNG Vorzugswerte für die Bemessungsspannung können aufgrund der Art des Kondensators nicht festgelegt werden.

2.3.2 Bevorzugte Nennwerte der Kapazität

Die bevorzugten Nennwerte der Kapazität sind den R-Reihen nach IEC 60063 zu entnehmen.

2.3.3 Klasse

Die Klasse des Kondensators muss nach Kapazität und Innenwiderstand (Anwendung) festgelegt werden. Zu Einzelheiten siehe Anhang A.

2.4 Kennzeichnung**2.4.1 Allgemeines**

Die Art der Kennzeichnung und andere auf dem Kondensator und/oder seiner Verpackung anzubringende Angaben sind in der Rahmenspezifikation anzugeben.

Die Reihenfolge der Kennzeichnung auf kleinen Kondensatoren ist festzulegen.

2.4.2 Kodierung

Wird für den Kapazitätswert, die Grenzabweichung oder das Herstelldatum eine Kurzform verwendet, so ist eines der Verfahren nach IEC 60062 zu wählen.

3 Qualitätsbewertungsverfahren

Wenn diese Norm und zugehörige Normen im Rahmen eines vollständigen Qualitätsbewertungssystems wie dem IEC-Qualitätsbewertungssystem für Bauelemente der Elektronik (IECQ) verwendet werden, gelten die entsprechenden Abschnitte von Anhang Q.

ANMERKUNG Abschnitt 3 wurde in Anhang Q verschoben. Zur Beibehaltung der Bezugnahme auf frühere Ausgaben dieser Norm wurden die Abschnittsnummern aus Abschnitt 3 nach dem folgenden Beispiel in Abschnittsnummern für Anhang Q umgestellt:

Abschnitt 3.1 → Abschnitt Q.1;

Abschnitt 3.2.2 → Abschnitt Q.2.2.

4 Prüfungen und Messungen

4.1 Allgemeines

Die Rahmenspezifikation und/oder der Vordruck für die entsprechende Spezifikation müssen 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.

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

Grenzwerte in sämtlichen Spezifikationen sind absolute Grenzwerte. Messunsicherheiten müssen grundsätzlich berücksichtigt werden (siehe IEC QC 001002-3, Anhang C zu Abschnitt 2).

4.2 Prüf- und Messanforderungen

4.2.1 Prüfbedingungen

Wenn nicht anders festgelegt, sind alle Prüfungen 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.

4.2.2 Messbedingungen

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

- Temperatur: $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Alle Messungen sind durchzuführen, nachdem das Wärmegleichgewicht erreicht ist; siehe 4.2.5^{N2)}.

4.2.3 Spannungsbehandlung

Der Kondensator ist bis zur Bemessungsspannung aufzuladen und mittels einer Gleichstromquelle für 30 min bei U_R zu halten. Der Kondensator ist über eine geeignete Entladeeinrichtung zu entladen.

^{N2)} Nationale Fußnote. Hier muss es richtig „siehe 4.2.4“ heißen.

4.2.4 Temperaturbehandlung

Der Kondensator muss bei der in 4.2.3^{N3)} festgelegten Temperatur so lange gelagert werden, bis der gesamte Kondensator diese Temperatur erreicht hat (Wärmegleichgewicht, siehe Anhang C).

4.3 Trocknung

Wenn in der entsprechenden Spezifikation nicht anders festlegt, ist der Kondensator (96 ± 4) h in einem Umluftofen bei (55 ± 2) °C und einer relativen Luftfeuchte von höchstens 20 % vorzubehandeln.

Der Kondensator ist dann in einem Trockner unter Verwendung eines geeigneten Trockenmittels, z. B. aktivierter Tonerde (Aluminiumoxid) oder Silikagel, abkühlen zu lassen und muss darin von der Entnahme aus dem Umluftofen bis zum Beginn der vorgeschriebenen Prüfungen verbleiben.

4.4 Sichtprüfung und Prüfung der Maße

4.4.1 Sichtprüfung

Beschaffenheit, Ausführung und Oberflächenbehandlung müssen bei der Sichtprüfung zufriedenstellend sein.

Die Kennzeichnung muss bei der Sichtprüfung lesbar sein und den Anforderungen in der zutreffenden Spezifikation entsprechen.

4.4.2 Maße (Lehrenmaße)

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

Soweit zutreffend, sind die Messungen nach IEC 60294 oder IEC 60717 durchzuführen.

4.4.3 Maße (Einzelmaße)

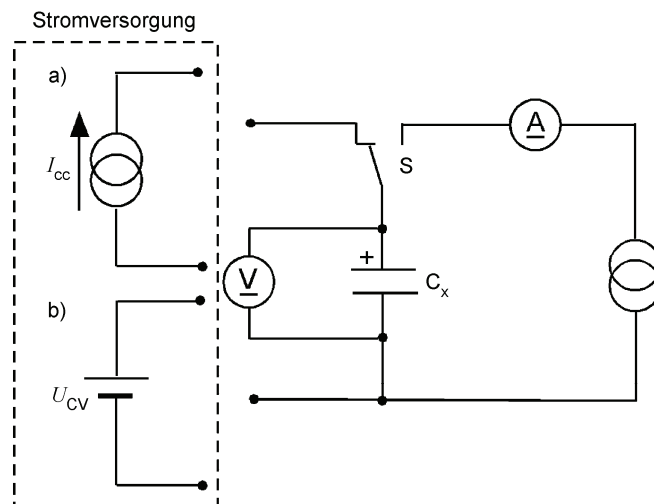
Alle in der zutreffenden Spezifikation festgelegten Maße sind zu prüfen und müssen den festgelegten Werten entsprechen.

4.5 Kapazität und Innenwiderstand (Messverfahren 1: Konstantstromentladung)

4.5.1 Grundschialtung für die Messung

Die Kapazität und der Innenwiderstand müssen unter Anwendung des Konstantstrom-Lade- und -Entladeverfahrens gemessen werden. In Bild 1 ist die für die Messung zu verwendende Grundschialtung dargestellt.

^{N3)} Nationale Fußnote. Hier muss es richtig „siehe 4.2.2“ heißen.



Legende

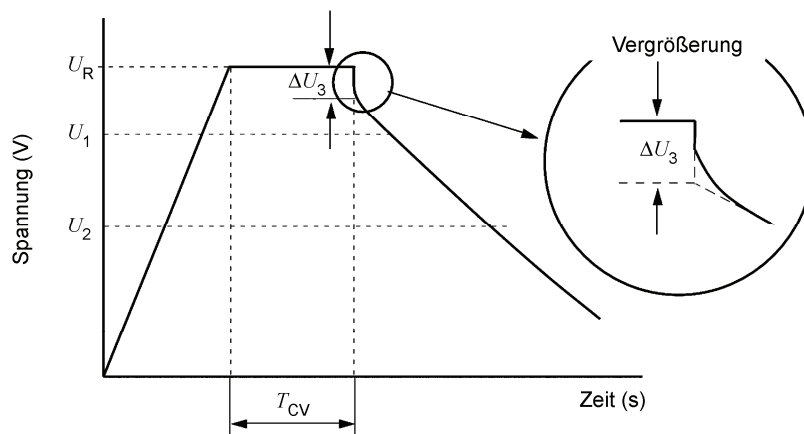
- I_{CC} Konstantstrom
- U_{CV} Konstantspannung
- Gleichstrommessgerät
- Gleichspannungsaufzeichnungsgerät
- S Umschalter
- C_x zu prüfender Kondensator
- Konstantstrom-Entladeeinrichtung
- a) Stromversorgung für die Konstantstromladung
- b) Stromversorgung für die Konstantspannungsladung

Bild 1 – Grundsaltung für die Messung

4.5.2 Messeinrichtung

Die Messeinrichtung muss die Konstantstromladung, Konstantspannungsladung, Konstantstromentladung und die stetige Messüberwachung der Stromstärke und der Spannung zwischen den Kondensatoranschlüssen als Funktion der Entladedauer ermöglichen, wie in Bild 2 dargestellt. Mit der Messeinrichtung müssen Strom und Spannung mit einer Genauigkeit von $\pm 1 \%$ oder weniger eingestellt und gemessen werden können.

Die Stromversorgung muss den konstanten Ladestrom für das Laden des Kondensators mit 95%igem Ladewirkungsgrad liefern und die Dauer der Konstantspannungsladung einstellen; die Konstantstrom-Entladeeinrichtung muss einen konstanten Entladestrom nach Tabelle 1 bzw. Tabelle 2 liefern. Das Gleichspannungsaufzeichnungsgerät muss Messungen durchführen und mit einer Auflösung von 5 mV und einem Messintervall von 100 ms oder weniger aufzeichnen können.

**Legende**

U_R	Bemessungsspannung (V)
U_1	Berechnungsanfangsspannung (V)
U_2	Berechnungsendspannung (V)
ΔU_3	Spannungsfall (V)
T_{CV}	Konstantspannungs-Ladedauer (s)

Bild 2 – Spannungs-Zeit-Kennlinie zwischen den Kondensatoranschlüssen bei der Messung von Kapazität und Innenwiderstand

4.5.3 Messverfahren

Die Messung ist durchzuführen, indem die Spannungs-Zeit-Kennlinie zwischen den Kondensatoranschlüssen genau ermittelt wird.

Entsprechend der jeweiligen Klasse (siehe Anhang A) ist das Messverfahren nach 4.5.3.1 bzw. 4.5.3.2 anzuwenden und in der zutreffenden Spezifikation festzulegen.

Vor der Messung müssen eine Spannungsvorbehandlung nach 4.2.4^{N4)} sowie eine Temperaturvorbehandlung nach 4.2.5^{N5)} und kann eine Trocknung nach 4.3, sofern in der entsprechenden Spezifikation festgelegt, durchgeführt werden.

4.5.3.1 Messverfahren 1A (gilt für die Klassen 1, 2, 3 und 4)

Sofern in der entsprechenden Spezifikation nicht anders festgelegt, gelten die Messbedingungen nach Tabelle 1. Die konstanten Entladeströme werden für die Messung der Kapazität bzw. des Innenwiderstands entsprechend der Nennkapazität des Kondensators eingestellt. Der konstante Ladestrom (I_{CC}) muss den Kondensator mit 95%igem Ladewirkungsgrad laden können und wird unter Verwendung der Bemessungsspannung (U_R) und des Nenninnenwiderstands (R_N) mit $I_{CC} = U_R/38 R_N$ eingestellt.

Das Messverfahren ist wie folgt:

- Der Kondensator muss mit I_{CC} auf U_R aufgeladen werden.
- Nachdem die Ausgangsspannung der Stromquelle den Wert von U_R erreicht hat, wird der Kondensator mit der konstanten Spannung U_R für weitere 30 min geladen.
- Der Kondensator ist über die Konstantstrom-Entladeeinrichtung zu entladen.

^{N4)} Nationale Fußnote. Hier muss es richtig „siehe 4.2.3“ heißen.

^{N5)} Nationale Fußnote. Hier muss es richtig „siehe 4.2.4“ heißen.

- d) Während des gesamten Messverfahrens sollte die Spannung zwischen den Kondensatoranschlüssen als Funktion der Zeit gemessen und aufgezeichnet werden.
- e) Die Zeit vom Entladebeginn bis t_{11} und t_{21} , die den Spannungen über den Kondensatoranschlüssen U_{11} bzw. U_{21} entsprechen (siehe Bild 2), ist zu messen.
- f) Der Entladestrom I und die Spannungen U_1 und U_2 zum Zeitpunkt des Absinkens der Entladespannung müssen den Angaben in Tabelle 2 entsprechen. Das Verfahren zur Klassifizierung muss der zutreffenden Spezifikation entsprechen.

Tabelle 1 – Messbedingungen für das Messverfahren 1

Klassifizierung		Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4
Anwendung		Erhalt von Speichern	Energie-speicherung	Leistungs-anwendungen	Momentanleistung
Konstantspannungs-Ladedauer		30 min	30 min	30 min	30 min
I (mA)	Kapazitätsmessung	$1 \times C_N$	$0,4 \times C_N U_R$	$4 \times C_N U_R$	$40 \times C_N U_R$
	Messung des Innenwiderstands	$10 \times C_N$	$4 \times C_N U_R$	$40 \times C_N U_R$	$400 \times C_N U_R$
	$U_{12}^{N6)}$	$0,8 \times U_R$			
	U_2	$0,4 \times U_R$			
ANMERKUNG 1 I ist der Lade- und Entladestrom (mA), C_N ist die Nennkapazität in F (Farad) und U_R ist die Bemessungsspannung in V (Volt). ANMERKUNG 2 Wenn ΔU_3 5 % ($0,05 \times U_R$) der Ladespannung in der Anfangskennlinie überschreitet, darf der Wert des Stromes um die Hälfte, ein Fünftel oder ein Zehntel verringert werden. Die Anzahl der signifikanten Stellen für den Wert des Entladestromes von 10 A oder geringer muss einer Stelle entsprechen; die zweite Stelle des berechneten Wertes sollte abgerundet werden. Die Anzahl der signifikanten Stellen für den Wert des Entladestromes über 10 A muss zwei Stellen entsprechen; die dritte Stelle des berechneten Wertes sollte abgerundet werden. ANMERKUNG 3 Für die Messung der Klasse 3 oder Klasse 4 darf das Messverfahren 2 angewendet werden.					

4.5.3.2 Messverfahren 1B (gilt für die Klassen 3, 4 und 5)

Das Messverfahren ist wie folgt:

- a) Wenn die Gleichspannung der Konstantstrom-/Konstantspannungsquelle nicht in der entsprechenden Spezifikation festgelegt ist, dann ist sie auf die Bemessungsspannung (U_R) einzustellen.
- b) Der Wert des Konstantstromes der Konstantstrom-Entladeeinrichtung ist auf den in Tabelle 3^{N7)} festgelegten Entladestrom einzustellen.
- c) Der Schalter S wird auf die Gleichspannungsquelle geschaltet und nachdem die Konstantstrom-/Konstantspannungsquelle den Wert der Bemessungsspannung erreicht hat, sind die Spannung und die Bedingungen nach Tabelle 3^{N7)} anzuwenden.
- d) Nachdem ein Ladevorgang abgeschlossen ist, wird der Schalter S auf die Konstantstrom-Entladeeinrichtung geschaltet, und es erfolgt die Entladung mit einem Konstantstrom.

^{N6)} Nationale Fußnote. Hier muss es richtig „ U_1 “ heißen.

^{N7)} Nationale Fußnote. Hier muss es richtig „Tabelle 2“ heißen.

Tabelle 2 – Messbedingungen für das Messverfahren 2

Klassifizierung		Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
Anwendung		Leistungsanwendungen	Momentanleistung	Hochleistung
Ladedauer		5 min	5 min	5 min
I (mA)	Konstantstromladung	Ladewirkungsgrad von 95 % (siehe Anhang D)		
	Entladung	Sofern in der entsprechenden Spezifikation nicht anders festgelegt, gilt für den Entladestrom ein Entladewirkungsgrad von 95 %		
	U_1	Sofern in der entsprechenden Spezifikation nicht anders festgelegt, muss der Wert 80 % der Ladespannung ($0,8 \times U_R$) betragen.		
	U_2	Sofern in der entsprechenden Spezifikation nicht anders festgelegt, muss der Wert 40 % der Ladespannung ($0,4 \times U_R$) betragen.		

ANMERKUNG 1 I ist der Lade- und Entladestrom (mA).

ANMERKUNG 2 Wenn ΔU_3 5 % ($0,05 \times U_R$) der Ladespannung in der Anfangskennlinie überschreitet, darf der Wert des Stromes um die Hälfte, ein Fünftel oder ein Zehntel verringert werden.

Die Anzahl der signifikanten Stellen für den Wert des Entladestromes von 10 A oder geringer muss einer Stelle entsprechen; die zweite Stelle des berechneten Wertes sollte abgerundet werden.

Die Anzahl der signifikanten Stellen für den Wert des Entladestromes über 10 A muss zwei Stellen entsprechen; die dritte Stelle des berechneten Wertes sollte abgerundet werden.

ANMERKUNG 3 Für die Klasse 3 oder Klasse 4 darf das Messverfahren 1 angewendet werden.

ANMERKUNG 4 Das allgemeine Konzept des Lade-/Entladewirkungsgrades ist in Anhang D beschrieben.

4.5.4 Berechnungsverfahren für die Kapazität

Die Kapazität muss nach dem Verfahren der Geraden-Annäherung (Regression) oder dem Energieumsetzungsverfahren berechnet werden.

4.5.4.1 Verfahren der Geraden-Annäherung (gilt für Messverfahren 1)

Die Kapazität C eines Kondensators ist mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$C = \frac{I_{CC} \times (t_2 - t_1)}{U_1 - U_2}$$

Dabei ist

C die Kapazität des Kondensators (in F);

I_{CC} der Entladestrom (in mA);

U_1 die gemessene Anfangsspannung (in V);

U_2 die gemessene Endspannung (in V);

t_1 die Dauer vom Entladebeginn bis zum Erreichen des Wertes der Kondensatoranschlussspannung U_1 ;

t_2 die Dauer vom Entladebeginn bis zum Erreichen des Wertes der Kondensatoranschlussspannung U_2 .

4.5.4.2 Energieumsetzungsverfahren (gilt für Messverfahren 2)

Die Kapazität C eines Kondensators ist mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$C = \frac{2W}{(U_1)^2 - (U_2)^2}$$

Dabei ist

- C die Kapazität des Kondensators (in F);
- W die gemessene Entladeenergie von der Berechnungsanfangsspannung (U_1) bis zur Berechnungsendspannung (U_2) (in J);
- U_1 die gemessene Anfangsspannung;
- U_2 die gemessene Endspannung.

4.5.5 Berechnungsverfahren für den Innenwiderstand

Der Innenwiderstand muss mit der Methode der kleinsten Quadrate für den Innenwiderstand oder dem Schnittlinienverfahren für den Innenwiderstand berechnet werden.

4.5.5.1 Methode der kleinsten Quadrate zur Berechnung des Innenwiderstands (gilt für Messverfahren 1)

Der Innenwiderstand R eines Kondensators ist mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$R = \frac{\Delta U_3}{I_d}$$

Dabei ist

- R der Innenwiderstand des Kondensators (in Ω);
- I_d der Entladestrom (in A);
- ΔU_3 der Spannungsfall, der mittels einer Hilfskurve durch Verlängerung des vom Spannungsaufzeichnungsgerät nach Bild 2 erfassten geraden Teils der zeitveränderlichen Spannungen zwischen den Kondensatoranschlüssen bestimmt wird (in V).

4.5.5.2 Schnittlinien-Berechnungsverfahren für den Innenwiderstand (gilt für Messverfahren 2)

Der Innenwiderstand R eines Kondensators ist mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$R = \frac{\Delta U_3}{I_d}$$

Dabei ist

- R der Innenwiderstand des Kondensators (in Ω);
- I_d der Entladestrom (in A).
- ΔU_3 Die Geraden-Annäherung (Regression) ist mit der Methode der kleinsten Quadrate auf die Spannungsfalkennlinie von der Berechnungsanfangsspannung (U_1) bis zur Berechnungsendspannung (U_2) anzuwenden. Der Schnittpunkt (Spannungswert) der Geraden zur Entladeanfangszeit ist zu bestimmen. ΔU_3 ist die Differenz zwischen dem Spannungswert am Schnittpunkt und dem eingestellten Wert für das Konstantspannungsladen (in V).

4.5.6 Erforderliche Angaben in der entsprechenden Spezifikation

- a) Verfahren der Klassifizierung;
- b) anzulegende Spannung, falls abweichend von der Bemessungsspannung;

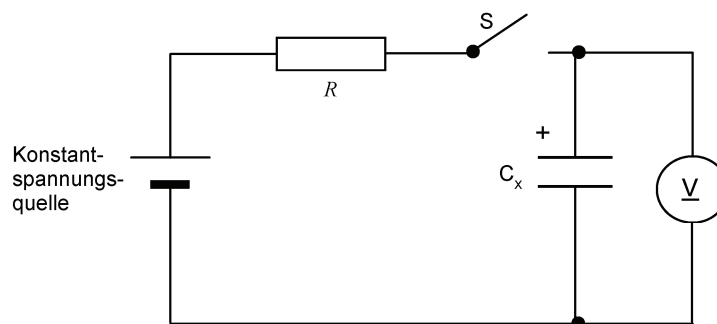
- c) Ladedauer, falls abweichend von 30 min (siehe Tabelle 2)^{N8)} oder von 5 min (siehe Tabelle 3)^{N9)};
- d) Wert des Entladekonstantstromes, falls abweichend von Tabelle 2^{N8)} oder Tabelle 3^{N9)};
- e) U_1 und U_2 zum Zeitpunkt des Absinkens der Entladespannung, falls abweichend von Tabelle 2 oder Tabelle 3.

4.6 Kapazität und Innenwiderstand (Messverfahren 2)

4.6.1 Ladeverfahren mit konstantem Widerstand für die Kapazitätsmessung

4.6.1.1 Messschaltung

Die Messung ist mit der Messschaltung nach Bild 3 durchzuführen.



Legende

R Reihenwiderstand

S Schalter

$\textcircled{V}$ Gleichspannungsmessgerät

C_x zu prüfender Kondensator

Bild 3 – Schaltung für das Ladeverfahren mit konstantem Widerstand

4.6.1.2 Messverfahren

- a) Vor der Messung sind die Kondensatoranschlüsse für 30 min oder länger kurzzuschließen, um eine ausreichende Entladung des Kondensators sicherzustellen.
- b) Der Wert von R ist so einzustellen, dass die Zeitkonstante τ 60 s bis 120 s beträgt.
- c) Die Zeitkonstante (τ) ist bei anliegender Gleichspannung U_R zu messen und der Wert der Kapazität nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$C = \frac{\tau}{R}$$

Dabei ist

C die Kapazität (in F);

τ die Zeitkonstante; Ladezeit bis zum Erreichen von $0,632 \times U_R$, (in s);

R der Reihenwiderstand (in Ω).

^{N8)} Nationale Fußnote. Hier muss es richtig „(siehe Tabelle 1)“ heißen.

^{N9)} Nationale Fußnote. Hier muss es richtig „(siehe Tabelle 2)“ heißen.

4.6.1.3 Erforderliche Angaben in der entsprechenden Spezifikation

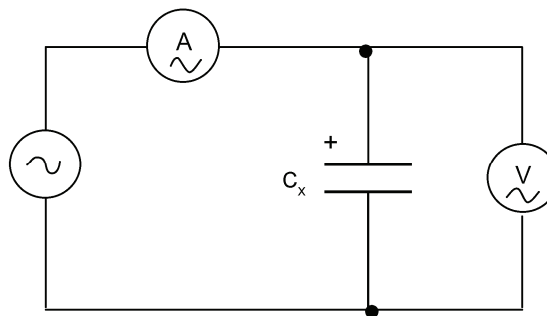
Die entsprechende Spezifikation muss folgende Angaben festlegen:

- die anzulegende Spannung, falls abweichend von der Bemessungsspannung;
- den Reihenwiderstand R , falls die Zeitkonstante von 60 s bis 120 s abweicht.

4.6.2 Messverfahren für den Wechselstrominnenwiderstand

4.6.2.1 Messschaltung

Die Messung ist mit der Messschaltung nach Bild 4 durchzuführen.



Legende

-  Wechselspannungsquelle
-  Wechselstrommessgerät
-  Wechselspannungsmessgerät
- C_x zu prüfender Kondensator

Bild 4 – Schaltung für den Wechselstrominnenwiderstand

4.6.2.2 Messverfahren

- Die Messfrequenz muss 1 kHz betragen.
- Der Wechselstrom muss im Bereich von 1 mA bis 10 mA liegen.
- Der Innenwiderstand R_a eines Kondensators ist mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$R_a = \frac{U}{I}$$

Dabei ist

- R_a der Wechselstrominnenwiderstand (in Ω);
- U der Effektivwert der Wechselspannung (in V);
- I der Effektivwert des Wechselstromes (in A).

4.7 Reststrom

4.7.1 Messverfahren

- Vor der Messung sind die Kondensatoren vollständig zu entladen. Der Entladevorgang muss zwischen 1 h und 24 h dauern und in der entsprechenden Spezifikation festgelegt werden.

- b) Wenn in der zutreffenden Spezifikation nicht anders vorgeschrieben, ist der Reststrom mit der der Prüftemperatur entsprechenden Gleichspannung (U_R) zu messen. Die Anschlussdauer der Spannung nach höchstens 30 min Aufladezeit zum Erreichen von 95 % der angelegten Spannung muss aus 30 min, 1 h, 2 h, 4 h, 8 h, 12 h, 24 h oder 48 h ausgewählt werden und in der entsprechenden Spezifikation festgelegt werden.
- c) Es ist eine konstante Spannungsquelle wie z. B. ein geregeltes Netzgerät zu verwenden.
- d) Wenn in der entsprechenden Spezifikation nicht anders festgelegt, ist die Spannung über einen Schutzwiderstand von 1 000 Ω oder weniger an den Kondensator anzulegen.

4.7.2 Erforderliche Angaben in der entsprechenden Spezifikation

- a) Grenzwert des Reststromes bei der Bezugstemperatur von 20 °C und bei weiteren festgelegten Temperaturen;
- b) falls erforderlich, Korrekturfaktor für Messungen, die bei von 20 °C abweichenden Temperaturen, jedoch innerhalb des Bereiches des Normklimas für Prüfungen durchgeführt werden;
- c) Anschlussdauer der Spannung;
- d) Widerstandswert des Schutzwiderstandes, falls abweichend von 1 000 Ω .

4.8 Erhaltungsspannung

4.8.1 Messverfahren (siehe Bild 5)

- a) Vor der Messung sind die Kondensatoren vollständig zu entladen. Der Entladevorgang muss zwischen 1 h und 24 h dauern und in der entsprechenden Spezifikation festgelegt werden.
- b) Die Bemessungsspannung U_R wird direkt ohne Anwendung eines Schutzwiderstandes an die Kondensatoranschlüsse angelegt. Wenn in der entsprechenden Spezifikation nicht anders festgelegt, muss die Ladezeit 8 h betragen einschließlich einer Aufladezeit von höchstens 30 min zum Erreichen von 95 % der angelegten Spannung.
- c) Die Kondensatoranschlüsse werden von der Spannungsquelle getrennt. Wenn in der entsprechenden Spezifikation nicht anders festgelegt, muss der Kondensator 16 h, 24 h, 48 h oder 96 h bei Normbedingungen gelagert werden.
- d) Der Innenwiderstand des Gleichspannungsmessgerätes muss mindestens 1 M Ω betragen.

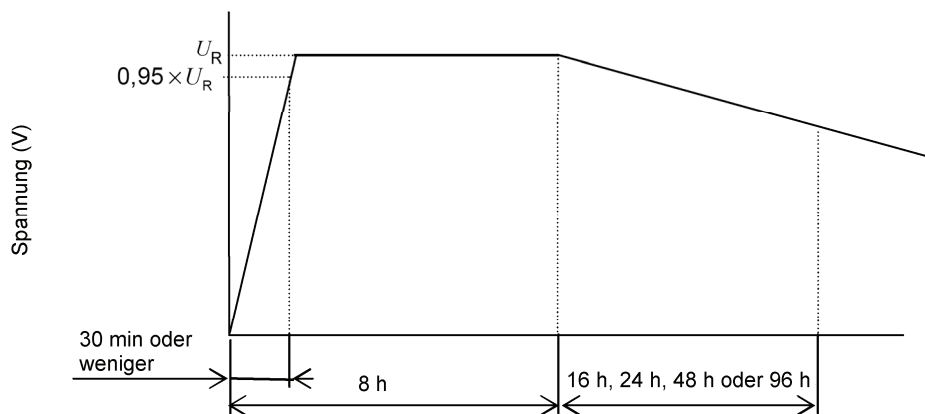


Bild 5 – Prüfkurve der Erhaltungsspannung

4.8.2 Berechnung der Spannungserhaltungsrate

Die Spannungserhaltungsrate A ist mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$A = \frac{U_{\text{end}}}{U_R} \times 100$$

Dabei ist

A die Spannungserhaltungsrate (in %);

U_{end} die Spannung zwischen den offenen Kondensatoranschlüssen nach Ablauf von 72 h (T_{OC1}) (in V);

U_{R} die Bemessungsspannung (in V).

4.8.3 Erforderliche Angaben in der entsprechenden Spezifikation

- Entladedauer;
- anzulegende Spannung, falls abweichend von der Bemessungsspannung;
- Ladezeit, falls abweichend von 8 h;
- die Zeit zwischen dem Abklemmen des Kondensators von der Ladespannung und der Messung.

4.9 Mechanische Widerstandsfähigkeit der Anschlüsse

Die Kondensatoren sind den jeweils zutreffenden Prüfungen U_{a1} , U_b , U_c und U_d nach IEC 60068-2-21 zu unterziehen.

4.9.1 Prüfung U_{a1} – Zug

Es sind folgende Zugkräfte anzuwenden:

- für andere als Drahtanschlüsse: 20 N;
- für Drahtanschlüsse: siehe Tabelle 4^{N10)}.

Tabelle 3 – Zugkraft

Nennquerschnitt (S) (siehe Anmerkung) mm ²	Zugehöriger Durchmesser (d) bei runden Drähten mm	Zugkraft mit einer Grenzabweichung von ± 10 % N
$S \leq 0,05$	$d \leq 0,25$	1
$0,05 < S \leq 0,1$	$0,25 < d \leq 0,35$	2,5
$0,1 < S \leq 0,2$	$0,35 < d \leq 0,5$	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

ANMERKUNG Bei Runddrähten, Band- oder Stiftanschlüssen: Der Nennquerschnitt entspricht dem berechneten Wert aus den in der zutreffenden Spezifikation angegebenen Nennmaßen. Bei Litzendrähten ist der Nennquerschnitt zu berechnen aus der Summe der in der entsprechenden Spezifikation angegebenen Querschnitte der Einzeldrähte.

4.9.2 Prüfung U_b – Biegen (bei der einen Hälfte der Anschlüsse)

Verfahren 1: Zwei aufeinanderfolgende Biegungen in entgegengesetzter Richtung. Nicht zutreffend, wenn die entsprechende Spezifikation die Anschlüsse als nicht biegefähig bezeichnet.

4.9.3 Prüfung U_c – Verdrehen (bei der anderen Hälfte der Anschlüsse)

Verfahren A, Schärfegrad 2 (zwei aufeinanderfolgende Verdrehungen von 180°) muss angewendet werden.

^{N10)} Nationale Fußnote. Hier muss es richtig „siehe Tabelle 3“ heißen.

Diese Prüfung ist nicht anzuwenden, wenn die entsprechende Spezifikation die Anschlüsse als nicht biegefähig beschreibt und bei Bauelementen mit einseitigen Drahtanschlüssen, die für die Verwendung auf Leiterplatten vorgesehen sind.

4.9.4 Prüfung Ud – Drehmoment (bei Anschlüssen mit Gewindebolzen oder Schraubanschlüssen und bei integrierten Befestigungsmitteln)

Die entsprechende Spezifikation muss den anzuwendenden Schärfegrad festlegen (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4 – Drehmoment

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

4.9.5 Sichtprüfung

Nach jeder dieser Prüfungen sind die Kondensatoren einer Sichtprüfung zu unterziehen. Es dürfen keine Schäden sichtbar sein.

4.10 Lötwärmebeständigkeit

4.10.1 Vorbehandlung und Anfangsmessung

Wenn in der entsprechenden Spezifikation verlangt, sind die Kondensatoren nach dem in 4.3 beschriebenen Verfahren zu trocknen.

Die Kondensatoren sind nach den Angaben der entsprechenden Spezifikation zu messen.

4.10.2 Prüfung

Wenn in der entsprechenden Spezifikation nicht anders festgelegt, ist eine der folgenden Prüfungen, wie in der entsprechenden Spezifikation angegeben, anzuwenden.

Die Prüfbedingungen sind in der entsprechenden Spezifikation festzulegen.

- Für alle Kondensatoren, außer den unter b) und c) genannten: IEC 60068-2-20, Prüfung Tb, Verfahren 1 (Lötbad).
- Für Kondensatoren, die nach der entsprechenden Spezifikation nicht für die Verwendung auf Leiterplatten bestimmt, aber mit Anschlüssen für das Löten versehen sind:
 - IEC 60068-2-20, Prüfung Tb, Verfahren 1 (Lötbad);
 - IEC 60068-2-20, Prüfung Tb, Verfahren 2 (Lötkolben).
- Für oberflächenmontierbare Kondensatoren: IEC 60068-2-58, Aufschmelz- oder Lötbadverfahren.

4.10.3 Nachbehandlung

Wenn in der entsprechenden Spezifikation nicht anders festgelegt, muss die Dauer der Nachbehandlung mindestens 1 h und höchstens 2 h betragen; ausgenommen sind oberflächenmontierbare Kondensatoren, deren Nachbehandlung für eine Dauer von (24 ± 2) h nach 4.3.3 durchzuführen ist.

4.10.4 Endprüfung, Messungen und Anforderungen

Für alle Kondensatoren, mit Ausnahme von oberflächenmontierbaren Kondensatoren, gilt:

- Nach der Prüfung sind die Kondensatoren einer Sichtprüfung zu unterziehen.

- Es dürfen keine Schäden sichtbar und die Kennzeichnung muss lesbar sein.
- Die Kondensatoren sind dann nach den Angaben der entsprechenden Spezifikation zu messen.

Oberflächenmontierbare Kondensatoren sind einer Sichtprüfung zu unterziehen und zu messen; sie müssen die in der entsprechenden Spezifikation festgelegten Anforderungen erfüllen.

4.11 Lötbarkeit

ANMERKUNG Nicht zutreffend für Anschlüsse, die nach Festlegung der entsprechenden Spezifikation nicht für Lötung vorgesehen sind.

4.11.1 Vorbehandlung

Die entsprechende Spezifikation muss vorschreiben, ob eine Alterung durchgeführt werden muss. Wenn eine beschleunigte Alterung gefordert wird, muss eines der Alterungsverfahren nach IEC 60068-2-20 angewendet werden.

Wenn in der entsprechenden Spezifikation nicht anders angegeben, muss die Prüfung mit nicht aktiviertem Flussmittel durchgeführt werden.

4.11.2 Kondensatoren mit Anschlussdrähten

Die Kondensatoren sind nach IEC 60068-2-20, Prüfung Ta, entweder nach dem Lötbadverfahren (Verfahren 1) oder nach dem Verfahren mit LötKolben (Verfahren 2), wie in der entsprechenden Spezifikation vorgeschrieben, zu prüfen.

Wenn das Lötbadverfahren (Verfahren 1) vorgeschrieben ist, gelten die folgenden Bedingungen.

4.11.2.1 Prüfbedingungen

Wenn in der entsprechenden Spezifikation nicht anders angegeben, ist eine der folgenden Prüfungen, wie in der entsprechenden Spezifikation festgelegt, anzuwenden.

Die Prüfbedingungen sind in der entsprechenden Spezifikation festzulegen.

a) Für alle Kondensatoren, außer den unter b) und c) genannten:

1) IEC 60068-2-20, Prüfung Ta, Verfahren 1 (Lötbad)

Eintauchtiefe (ab Auflagefläche oder Bauelementekörper): $2,0_{-0,5}^0$ mm mit $(1,5 \pm 0,5)$ mm dickem Wärmeschirm;

2) IEC 60068-2-20, Prüfung Ta, Verfahren 2 (LötKolben);

3) IEC 60068-2-54.

b) Für Kondensatoren, die nach der Bauartspezifikation nicht für die Verwendung auf Leiterplatten bestimmt, aber mit Anschlüssen für das Löten versehen sind:

4) IEC 60068-2-20, Prüfung Ta, Verfahren 1 (Lötbad);

5) Eintauchtiefe (ab Auflagefläche oder Bauelementekörper): $3,5_{-0,5}^0$ mm;

6) IEC 60068-2-20, Prüfung Ta, Verfahren 2 (LötKolben).

c) Für oberflächenmontierbare Kondensatoren:

1) IEC 60068-2-58, Aufschmelz- oder Lötbadverfahren;

2) IEC 60068-2-69, Lötbad- oder Lotkugelfahren.

Wenn das Lötbadverfahren nicht zutreffend ist, muss die entsprechende Spezifikation die anzuwendenden Verfahren, Prüfbedingungen und die Anforderungen festlegen.

4.11.2.2 Endprüfung, Messungen und Anforderungen

Die Anschlüsse sind auf gute Verzinnung zu überprüfen, die durch freies Fließen des Lotes mit Benetzen der Anschlüsse nachgewiesen wird.

4.11.3 Oberflächenmontierbare Kondensatoren

Oberflächenmontierbare Kondensatoren sind der Prüfung Td nach IEC 60068-2-58 zu unterziehen. Die entsprechende Spezifikation muss den Schärfegrad und die Anordnung für das Be- und Entnetzen oder die Widerstandsfähigkeit gegenüber Auflösen der Metallisierung festlegen.

Die entsprechende Spezifikation muss auch die speziellen Flächen des Prüflings festlegen, die nach dem Benetzen zu untersuchen sind.

4.11.3.1 Endprüfung, Messungen und Anforderungen

Die oberflächenmontierbaren Kondensatoren müssen die in der entsprechenden Spezifikation festgelegten Anforderungen erfüllen.

4.12 Rascher Temperaturwechsel

4.12.1 Anfangsmessungen

Die in der entsprechenden Spezifikation festgelegten Messungen sind durchzuführen.

4.12.2 Prüfung

Die Kondensatoren sind der Prüfung Na nach IEC 60068-2-14 zu unterziehen, wobei der in der entsprechenden Spezifikation festgelegte Schärfegrad anzuwenden ist.

4.12.3 Endprüfung, Messungen und Anforderungen

Die Kondensatoren sind einer Sichtprüfung zu unterziehen. Es dürfen keine Schäden sichtbar sein.

4.13 Schwingen

4.13.1 Anfangsmessungen

Die in der entsprechenden Spezifikation vorgeschriebenen Messungen sind durchzuführen.

4.13.2 Prüfung

Die Kondensatoren sind der Prüfung Fc nach IEC 60068-2-6 zu unterziehen, wobei Befestigungsart und Schärfegrad der entsprechenden Spezifikation zu entnehmen sind.

Wenn in der entsprechenden Spezifikation festgelegt, sind die Kondensatoren während der letzten 30 min der Beanspruchung in jeder Bewegungsrichtung elektrisch zu messen, um Wackelkontakte, Unterbrechungen oder Kurzschlüsse festzustellen.

Die entsprechende Spezifikation muss das Messverfahren angeben.

Die Messdauer muss der Zeit entsprechen, die für einen Durchlauf von der höchsten zur niedrigsten Frequenz benötigt wird.