

	Kondensatoren Kondensatoren der Leistungselektronik und für andere Stoßbeanspruchungen	DIN VDE 0560 Teil 12
Diese auch von Vorstand des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE) e.V. genehmigte Norm ist damit zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist unter obenstehender Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekanntgegeben worden. Capacitors; Power electronic capacitors and capacitors for other impact loads Für den Anwendungsbereich dieser Norm bestehen keine entsprechenden regionalen oder internationalen Normen. Zusammenhang mit IEC siehe Erläuterungen. Der Norminhalt war veröffentlicht im Entwurf DIN VDE 0560 Teil 12/07.85. Beginn der Gültigkeit Diese Norm (VDE-Bestimmung) gilt ab 1. Oktober 1990. Fortsetzung Seite 2 bis 25 Deutsche Elektrotechnische Kommission in DIN und VDE (DKE)		

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	3	4.1.3 Stückprüfung	8
2 Begriffe	3	4.1.4 Stichprobenprüfung	8
2.1 Kondensator	3	4.1.5 Typprüfung	8
2.2 Kapazität	3	4.1.6 Reihenfolge der Prüfungen	8
2.3 Spannungen	3	4.1.7 Meßunsicherheit	8
2.4 Ströme	4	4.1.8 Meß- und Prüfklima	8
2.5 Zeiten und Frequenzen	4	4.2 Klimatische und mechanische Prüfungen	10
2.6 Leistung und Energie	4	4.2.1 Temperaturwechselprüfung	10
2.7 Temperatur und Kühlung	4	4.2.2 Langzeitprüfung in feuchter Wärme	10
2.8 Anwendungsklassen	5	4.2.3 Luftdruck und Höhe	10
2.9 Selbstheilung	5	4.2.4 Mechanische Prüfung	10
2.10 Innere Sicherungen	5	4.2.5 Mechanische Festigkeit der Anschlüsse	11
2.11 Äußere Schutzmaßnahmen	5	4.2.6 Dichtheitsprüfung	11
3 Anforderungen	5	4.3 Elektrische Prüfungen	11
3.1 Allgemeine Anforderungen	5	4.3.1 Messung der Kapazität und des Verlustfaktors	11
3.2 Klimatische und mechanische Anforderungen und Anwendungsklassen	5	4.3.2 Messung der Eigeninduktivität	12
3.2.1 Temperatur und Kühlung	6	4.3.3 Messung der Entladezeit	12
3.2.2 Feuchte	6	4.3.4 Spannungsprüfung der Melde- und Steuerkreise	12
3.2.3 Luftdruck und Höhe	6	4.3.5 Überprüfung der Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren	12
3.2.4 Mechanische Beanspruchung	6	4.3.6 Prüfung der Spannungsfestigkeit Belag gegen Belag	12
3.2.5 Mechanische Festigkeit der Anschlüsse	6	4.3.7 Prüfung der Spannungsfestigkeit Beläge gegen Gehäuse	13
3.2.6 Dichtheit des Gehäuses und der Kühlkanäle	6	4.3.8 Überprüfung der Kriech- und Luftstrecken	13
3.3 Elektrische Anforderungen	6	4.3.9 Spitzenstromprüfung	13
3.3.1 Kapazitätstoleranz und Verlustfaktor	6	4.3.10 Selbstheilprüfung	13
3.3.2 Eigeninduktivität	6	4.3.11 Belastbarkeitsprüfung	14
3.3.3 Entladewiderstände zum Schutz gegen gefährliche Berührungsspannungen	6	4.3.12 Prüfung innerer Sicherungen	15
3.3.4 Melde- und Steuerkreise	6	4.3.13 Überprüfung von Datenangaben	15
3.3.5 Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren	7	5 Hinweise für den Einsatz von Kondensatoren der Leistungselektronik	15
3.3.6 Spannungsfestigkeit Belag gegen Belag	7	6 Entsorgung und Schutz der Umwelt	15
3.3.7 Spannungsfestigkeit Beläge gegen Gehäuse	7	Anhang A Zeitverlauf von Spannungen und Strömen	16
3.3.8 Kriech- und Luftstrecken	7	Anhang B Belastbarkeit von Kondensatoren der Leistungselektronik	17
3.3.9 Spitzenstrom- und Kurzschlußfestigkeit	7	Anhang C Prüfschaltungen für die Belastbarkeitsprüfung	19
3.3.10 Selbstheilende Kondensatoren	7	Anhang D Herleitung der für die Auslegung der Prüfschaltung benötigten Formeln	23
3.3.11 Belastbarkeit	7		
3.3.12 Innere Sicherungen	7		
3.3.13 Aufschriften	7		
3.3.14 Datenblatt	7		
4 Prüfbestimmungen	8		
4.1 Prüfarten	8		
4.1.1 Zerstörungsfreie Prüfung	8		
4.1.2 Nichtzerstörungsfreie Prüfung	8		

1 Anwendungsbereich

1.1 Diese Norm gilt für Festkondensatoren mit elektrischen Stoßbelastungen, z. B. in Betriebsmitteln der Leistungselektronik nach DIN VDE 0160 und in anderen Anwendungen mit elektrischen Stoßbelastungen.

Dazu gehören:

1. Kondensatoren, die periodisch umgeladen werden, wobei der Scheitelwert des auftretenden Stoßstroms wesentlich größer ist als der $\sqrt{2}$ -fache Effektivwert;
2. Kondensatoren, die ohne Umladung periodisch auf- und entladen werden, wobei der Effektivwert des Kondensatorstroms über den Grenzwerten von DIN VDE 0560 Teil 11 liegt.

Anmerkung 1: Für Kondensatoren, die nichtperiodisch oder nur mit Folgefrequenzen kleiner 10 Hz auf- oder umgeladen werden, kann diese Norm sinngemäß angewendet werden, wie z. B.: Energiespeicherkondensatoren für Blitzgeräte in der Laser- und Stroboskop-Technik, für Stoßschweißgeräte. Es ist zwischen Anwender und Hersteller abzusprechen, welche Teile der Norm angewendet werden.

Anmerkung 2: Unter diese Norm fallen z. B. nach Abschnitt 1.1, Aufzählung 1, Bedämpfungs- und Kommutierungskondensatoren; nach Abschnitt 1.1, Aufzählung 2, Stützkondensatoren der Leistungselektronik.

1.2 Diese Norm gilt für selbstheilende Kondensatoren mit Papier-, Kunststoff- oder Mischdielektrikum mit und ohne innere Sicherungen.

Für nichtselbstheilende Kondensatoren kann diese Norm sinngemäß angewendet werden.

1.3 Nicht in den Anwendungsbereich dieser Norm gehören:

- Glättungskondensatoren, bei denen die Strombelastbarkeit nicht höher als in DIN VDE 0560 Teil 11 angegeben ist, sowie
- Kondensatoren nach DIN VDE 0560 Teil 9 für Anlagen zur induktiven Wärmeerzeugung.

2 Begriffe

2.1 Kondensator

2.1.1 Kondensatorelement (oder Element)

Kondensatorelement ist eine Anordnung aus zwei Elektroden, die durch ein Dielektrikum getrennt sind.

2.1.2 Kondensatoreinheit (oder Einheit)

Kondensatoreinheit ist eine Anordnung von einem oder mehreren Kondensatorelementen im gleichen Gehäuse mit herausgeführten Anschlüssen.

2.1.3 Kondensatorbatterie (oder Batterie)

Kondensatorbatterie ist eine Anzahl von Kondensatoreinheiten, die zur gemeinsamen Funktion fest miteinander verbunden sind.

2.1.4 Modellkondensatoren

Modellkondensatoren sind Kondensatornachbildungen, die so ausgeführt sind, daß die thermischen und elektrischen Beanspruchungen vergleichbar mit den Originalkondensatoren sind. Prüfungen an Modellkondensatoren sind zwischen Anwender und Hersteller abzusprechen.

Anmerkung: Modellkondensatoren können eingesetzt werden, wenn die Typprüfungen am Originalkondensator einen nicht vertretbaren Aufwand bedeuten würden.

2.2 Kapazität

2.2.1 Nennkapazität (C_N)

Nennkapazität eines Kondensators ist die Kapazität, nach der er benannt ist. Sie wird auf 20 °C Kondensatortemperatur, 50 Hz und Nennspannung bezogen.

2.2.2 Kapazitätstoleranzbereich

Der Kapazitätstoleranzbereich ist der Bereich, innerhalb dessen die (an seinen Klemmen gemessene, auf 20 °C Kondensatortemperatur und 50 Hz bezogene) Ist-Kapazität von der Nennkapazität abweichen darf.

2.3 Spannungen (siehe Anhang A)

2.3.1 Nennspannung (U_N)

Nennspannung ist der Größtwert der Spannung (bei Mischspannungen) bzw. der Scheitelwert (bei Wechselspannungen) der Spannung, für die der Kondensator benannt ist.

Anmerkung 1: Abweichend von der Festlegung in anderen Normen ist die Nennspannung U_N nicht der Effektivwert, sondern der Größtwert bzw. Scheitelwert der Kondensatorspannung.

Anmerkung 2: Die Spannung, mit der der Kondensator betrieben werden darf, ist außer von der Nennspannung auch noch von weiteren Betriebsbedingungen (insbesondere Strom und Frequenz) abhängig.

2.3.2 Schwingungsbreite (u_{ss})

Schwingungsbreite ist der Unterschied zwischen dem größten und kleinsten Augenblickswert.

2.3.3 Stoßspitzenspannung (u_z)

Stoßspitzenspannung ist der höchste Spitzenwert der Spannung, der am Kondensator vereinzelt kurzzeitig, z. B. im Störfall, auftreten darf. Kurvenform und zulässige Dauer werden angegeben.

2.3.4 Durchschlagverhältnis (D)

Durchschlagverhältnis ist bei gedämpft ausschlagender Stoßentladung das Verhältnis des zweiten Spannungsscheitelwertes zum ersten Spannungsscheitelwert, angegeben in Prozent.

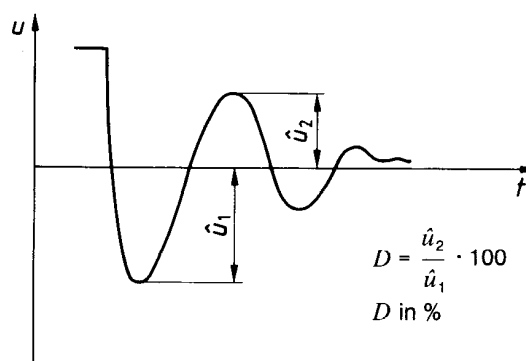


Bild 1.

2.3.5 Bemessungsspannung der Isolierung (U_i)

Die Bemessungsspannung der Isolierung ist der Effektivwert der Wechselspannung, für die die Isolierung des Kondensators Anschlüsse gegen Gehäuse bemessen und benannt ist.

2.4 Ströme (siehe Anhang A)

2.4.1 Nennstrom (I_N)

Nennstrom ist der Effektivwert des Stromes, nach dem der Kondensator benannt ist.

2.4.2 Periodischer Spitzenstrom $\hat{i}$

Periodischer Spitzenstrom ist der periodisch zulässige Spitzenwert des Stromes.

Anmerkung: Der Spitzenstrom und die Flankensteilheit ($\frac{di}{dt}$) der Spannung am Kondensator sind in folgender Weise miteinander verbunden:

$$\hat{i} = C \cdot \left(\frac{dU}{dt} \right)$$

2.4.3 Stoßspitzenstrom i_s

Stoßspitzenstrom ist der höchste Spitzenwert des Stromes, der am Kondensator vereinzelt kurzzeitig, z. B. im Störfall, auftreten darf. Kurvenform und zulässige Dauer werden angegeben.

2.5 Zeiten und Frequenzen (siehe Anhang A)

2.5.1 Grundswingungsdauer (t_0)

Grundswingungsdauer ist die Dauer des Grundswingungsvorgangs, nach der sich alle Vorgänge periodisch wiederholen. Grundswingungsdauer und Grundfrequenz (f_0) sind miteinander verknüpft:

$$f_0 = \frac{1}{t_0}$$

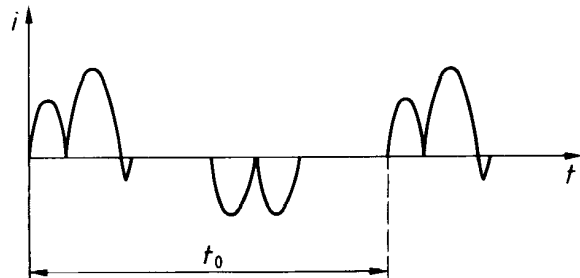


Bild 2.

2.5.2 Pulsdauer (τ)

Pulsdauer ist die Dauer des Umladevorgangs von einem Spannungszustand in einen anderen ohne Durch- oder Nachschwingen.

2.5.3 Störspannungshäufigkeit

Störspannungshäufigkeit ist die mittlere Häufigkeit von Überspannungen, z. B. während eines Tages, eines Jahres oder während der Gesamtbrauchbarkeitsdauer.

2.6 Leistung und Energie

2.6.1 Grenz-Verlustleistung ($P_{\max}$)

Grenz-Verlustleistung ist die durch das Wärmeableitvermögen des Kondensators begrenzte Verlustleistung bei oberer Grenztemperatur.

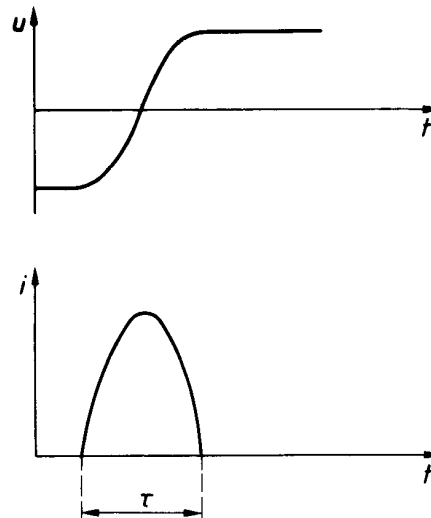


Bild 3

2.6.2 Verlustleistung (P)

Verlustleistung ist die Summe aller im Kondensator erzeugten Wirkleistungen; dies ist im wesentlichen:

$$P = \hat{U}^2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot C \cdot \tan \delta_0 + I^2 \cdot R_s$$

(siehe Anhang B).

2.6.3 Dielektrischer Verlustfaktor ($\tan \delta_0$)

Dielektrischer Verlustfaktor ist der Verlustfaktor des Dielektrikums, der bei den üblichen Dielektrika und in deren Einsatzfrequenzbereich als konstant angenommen wird (siehe Anhang B).

2.6.4 Reihenwiderstand (R_s)

Reihenwiderstand ist der die Stromwärmeverluste ($I^2 \cdot R_s$) im Kondensator erzeugende Widerstand (siehe Anhang B).

2.6.5 Reihenersatzwiderstand (R_{ESR})

Der Reihenersatzwiderstand repräsentiert die gesamte Wirkleistung im Kondensator (siehe Anhang B).

2.6.6 Nennenergie (W_N)

Nennenergie ist der aus Nennspannung und Nennkapazität zu ermittelnde Energieinhalt:

$$W_N = \frac{1}{2} \cdot C_N \cdot U_N^2$$

2.7 Temperatur und Kühlung

2.7.1 Kondensatortemperatur (ϑ_{Geh})

Kondensatortemperatur ist die Temperatur der heißesten Stelle des Gehäuses.

Anmerkung: Sie wird im allgemeinen bei Selbstkühlung und aufrecht stehenden Kondensatoren in $2/3$ der Höhe am Gehäusemantel gemessen.

2.7.2 Untere Grenztemperatur ($\vartheta_{\min}$)

Untere Grenztemperatur ist die niedrigste zulässige Umgebungstemperatur, bei der der Kondensator im Temperaturgleichgewicht eingeschaltet werden darf.

2.7.3 Obere Grenztemperatur ($\vartheta_{\max}$)

Obere Grenztemperatur ist die höchste zulässige Kondensatortemperatur.

2.7.4 Betriebstemperaturbereich

Betriebstemperaturbereich ist der Bereich zwischen der oberen und der unteren Grenztemperatur.

2.7.5 Lager- und Transporttemperatur (außerhalb des Betriebstemperaturbereichs)

Lager- und Transporttemperatur sind Temperaturen, bei denen der Kondensator nicht betriebsfähig ist, aber durch diese Temperaturen keine bleibenden Schäden erfährt. Den Transporttemperaturen werden die Kondensatoren nur vorübergehend während des Transportes ausgesetzt.

2.7.6 Übertemperatur ($\Delta\theta$)

Übertemperatur ist die Differenz zwischen Kondensatortemperatur und Umgebungstemperatur.

2.7.7 Beharrungstemperatur

Beharrungstemperatur ist die Kondensatortemperatur, die sich im Gleichgewicht zwischen Wärmezeugung im Kondensator und Wärmeabgabe an der Oberfläche des Kondensators einstellt.

2.7.8 Kühlmitteltemperatur

Kühlmitteltemperatur ist die Temperatur des Kühlmittels vor Eintritt in die Kondensatorumgebung oder die Kühlkanäle.

2.7.9 Luftselbstkühlung (S)

Luftselbstkühlung liegt vor, wenn die natürliche Konvektion um den Kondensator und die Wärmeabstrahlung in die Umgebung zur Kühlung benutzt werden.

2.7.10 Verstärkte Kühlung (F)

Verstärkte Kühlung wird durch eine zwangsweise Belüftung der Kondensatorumgebung bewirkt.

2.8 Anwendungsklassen

Anwendungsklassen sind die nach DIN 40040 festgelegten Bereiche der klimatischen und mechanischen Beanspruchungen.

2.9 Selbstheilung (SH)

Selbstheilend sind Kondensatoren, die eine Durchschlagstelle des Dielektrikums isolieren, indem der Belag um die Durchschlagstelle herum durch den Entladungsstrom verdampft und der Durchschlag strombegrenzend gelöscht wird.

2.10 Innere Sicherungen

Innere Sicherungen sind entweder Strom- oder Überdrucksicherungen, die im Inneren des Kondensators in Reihe zu einem Element oder einer Gruppe von Elementen geschaltet und so ausgelegt sind, daß sie den Strompfad im Falle eines inneren Fehlers unterbrechen.

2.11 Äußere Schutzmaßnahmen

Äußere Schutzmaßnahmen sind z. B. Außensicherungen, externe Überdruckschalter oder geschützter Einbau.

3 Anforderungen

3.1 Allgemeine Anforderungen

Der Kondensator muß seine bestimmungsgemäße Funktion erfüllen und den im Betrieb zu erwartenden Beanspruchungen gewachsen sein.

Für die Erfüllung dieser Bedingung ist Voraussetzung, daß der Kondensator dieser Norm genügt. Darüber hinaus muß die Übereinstimmung zwischen bestimmungsgemäßer

Funktion und Betriebsbeanspruchung zwischen Anwender und Hersteller geklärt sein, soweit die Anwendung nicht innerhalb der im Datenblatt angegebenen Grenzwerte erfolgt. Im allgemeinen werden Pflichtenblätter der Anwender und Fragebögen der Hersteller benutzt.

Anmerkung 1: Beim Ausfall eines Kondensators können dessen Gehäuse oder Durchführungen zerstört und dadurch Personen oder Sachen gefährdet werden. Aus diesem Grunde sind geeignete Schutzmaßnahmen zu treffen, die sich nach der Kondensatoranlage und dem speisenden Netz richten.

- Interne Schutzmaßnahmen sind z. B. Wickelsicherungen, Überdrucksicherungen, Übertemperaturschalter;
- externe Schutzmaßnahmen sind z. B. Kurzschlußschutz, Vergleichsschutz, Erdschutz, Aufstellung in geschlossenen Räumen oder Schutzgehäusen oder Überdruck- oder Überhitzungssensoren.

Externe Sicherungsmaßnahmen bleiben der Absprache zwischen Anwender und Hersteller überlassen.

Anmerkung 2: Ungewöhnliche Betriebsbedingungen In besonderen Fällen müssen die Kondensatoren zusätzlichen Anforderungen außerhalb der vorliegenden Norm genügen, die zwischen Anwender und Hersteller zu vereinbaren sind. Solche besonderen Bedingungen sind z. B.

- ungewöhnliche mechanische Beanspruchungen (Schütteln, Stöße, abweichend von Abschnitt 3.2.4);
- Kühlwasser mit Bestandteilen, die Korrosion oder Rohrverstopfungen verursachen können (Seewasser, hartes Wasser);
- feste Bestandteile in der Kühlluft und in der umgebenden Luft (übermäßiger Staub oder Schmutz);
- salzhaltige Luft (z. B. in Meeresnähe), hohe Feuchtigkeit, Tropfwasser, Dämpfe oder aggressive Gase;
- Vorhandensein von explosivem Staub oder Gasgemisch;
- Einwirkung von radioaktiver Strahlung;
- Kühlmitteltemperaturen, Lager- und Umgebungstemperaturen außerhalb der in Abschnitt 3.2.1 angegebenen Bereiche;
- hohe relative Luftfeuchtigkeit und Umgebungstemperaturen ähnlich subtropischer und tropischer Klimabedingungen (siehe Abschnitt 3.2.2);
- beträchtliche und rasche Schwankungen der Temperatur;
- Aufstellungshöhe mehr als in Abschnitt 3.2.3 spezifiziert.

3.2 Klimatische und mechanische Anforderungen und Anwendungsklassen

Die Kondensatoren werden für Luftselbstkühlung, verstärkte Kühlung oder Flüssigkeitskühlung gebaut.

Für die Festlegung von Kondensatoren, Feuchte und Zuverlässigkeit gilt DIN 40040. Die entsprechenden Angaben können nach dieser Norm auch verschlüsselt angegeben werden.

Tabelle 1.

Zeitlich unbegrenzte Maximaltemperatur des Kühlmittels		
Art der Kühlung	Eintrittstemperatur °C	Austrittstemperatur °C
Verstärkte Kühlung	35	40
	40	45
Flüssigkeitskühlung	30	40
	35	

3.2.1 Temperatur und Kühlung

3.2.1.1 Kondensatoren für Luftselbstkühlung sind vorzugsweise für je eine der folgenden Temperaturen auszuwählen:

Untere Grenztemperatur ($\vartheta_{\min}$):

–55 °C, –40 °C, –25 °C, –10 °C

Obere Grenztemperatur ($\vartheta_{\max}$):

+55 °C, +70 °C, +85 °C

Dabei wird die Umgebungstemperatur mit maximal +45 °C angenommen und die Ausbildung einer freien Luftzirkulation im Gerät vorausgesetzt.

3.2.1.2 Nicht selbstkühlende Kondensatoren sind vorzugsweise für Kühlmitteltemperaturen nach Tabelle 1 auszuführen.

Die Kühlmittelmengen sind zwischen Hersteller und Anwender so zu vereinbaren, daß dabei bei der angegebenen Eintrittstemperatur die Kühlmittelmenge mit Sicherheit ausreicht oder die Austrittstemperatur des Kühlmittels nicht überschritten wird.

3.2.1.3 Die Grenzen des Lager- und Transporttemperaturbereiches eines Kondensators müssen wenigstens der oberen und unteren Grenztemperatur entsprechen, wenn nichts besonderes vereinbart, mindestens jedoch für den Lagertemperaturbereich

$$-25\text{ °C} \leq \vartheta_{\text{Lager}} \leq +55\text{ °C}$$

und den Transporttemperaturbereich

$$-25\text{ °C} \leq \vartheta_{\text{Transport}} \leq +70\text{ °C}$$

Bei Kondensatoren mit Flüssigkeitskühlung muß das Kühlmittel vor dem Transport entfernt werden, falls die Gefahr besteht, daß die Gefriertemperatur des Kühlmittels unterschritten wird.

3.2.2 Feuchte

Die Kondensatoren müssen mindestens den Anforderungen der Feuchtekategorie F nach DIN 40040 genügen. Weiterer Vorzugswert ist Feuchtekategorie C.

3.2.3 Luftdruck und Höhe

Die Kondensatoren für Nennspannungen bis 3 kV sind so zu bauen, daß sie für den Betrieb bis in 2200 m Höhe über NN, Kondensatoren für Nennspannungen über 3 kV für den Betrieb bis in 1000 m Höhe über NN geeignet sind, entsprechend Kennbuchstaben R (2200 m) bzw. N (1000 m) nach DIN 40040/04.87, Abschnitt 3.7

Anmerkung: Der Luftdruck beeinflusst die Kühlung von Kondensatoren und die Überslagfestigkeit von Luft- und Kriechstrecken.

3.2.4 Mechanische Beanspruchung

Die Kondensatoren müssen genügend mechanische Festigkeit haben. Diese Forderung gilt als erfüllt, wenn sie die Prüfung nach Abschnitt 4.2.4 bestehen.

3.2.5 Mechanische Festigkeit der Anschlüsse

Die mechanische Festigkeit der Anschlüsse ist über Abschnitt 3.2.4 hinaus nach folgenden Normen auszulegen:

- für Flachstecker: DIN 46249 Teil 1
- für Schraubklemmen: DIN VDE 0609 Teil 1
- für Anschlußbolzen: DIN 46200
- für sonstige: DIN IEC 68 Teil 2-21

3.2.6 Dichtheit des Gehäuses und der Kühlkanäle

Die Kondensatoren müssen bei allen bestimmungsgemäßen thermischen, mechanischen und elektrischen Belastungen ihre Dichtheit behalten.

Kühlkanäle bei Flüssigkeitskühlung sind für mindestens 20 bar Prüfdruck und 10 bar Betriebsdruck auszulegen.

3.3 Elektrische Anforderungen

3.3.1 Kapazitätstoleranz und Verlustfaktor

Die Ist-Kapazität darf von der Nenn-Kapazität höchstens um die angegebene Toleranz abweichen. Bevorzugte Toleranzen sind:

$$\pm 10\text{ \% und } \pm 5\text{ \%}$$

Sind mehrere Kondensatoreinheiten in einem Gehäuse vereinigt, so sind die Toleranzen zwischen Hersteller und Anwender zu vereinbaren. Der im Datenblatt angegebene Verlustfaktor muß der werksinternen Qualitätskontrolle unterliegen (siehe Abschnitt 4.3.1.2).

3.3.2 Eigeninduktivität (L_e)

Sie ist nach Abschnitt 4.3.2 zu ermitteln und im Datenblatt des Kondensators anzugeben.

3.3.3 Entladewiderstände zum Schutz gegen gefährliche Berührungsspannungen

Fabrikmäßig in die Kondensatoren eingebaute oder an diese angebaute Entladewiderstände sind so zu bemessen, daß die Kondensatoren über diese Widerstände innerhalb 3 Minuten nach dem Abschalten von Nennspannung auf 75 V oder niedriger entladen werden.

In den Kondensator eingebaute Widerstände dürfen dessen Betriebssicherheit (z. B. durch Unterbrechen eines Widerstandsstromkreises oder durch Verschlechtern des Dielektrikums infolge chemischer oder thermischer Einwirkungen) nicht vermindern.

3.3.4 Melde- und Steuerkreise

Die Isolation einschließlich Kriechstrecken, Luftstrecken und Abstände zwischen Melde- und Steuerkreisen einerseits und betriebsspannungsführenden Teilen andererseits sind nach der Nennisolationsspannung des Kondensators zu bemessen.

3.3.5 Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren

Kondensatoren mit Metallgehäuse und Nennisolationsspannungen oberhalb von 50 V müssen eine der Anforderungen nach Abschnitt 3.3.5.1 oder Abschnitt 3.3.5.2 erfüllen.

3.3.5.1 Die Kondensatoren müssen einen Anschluß zum Anschließen eines Schutzleiters mit einem Querschnitt nach DIN VDE 0100 Teil 540, entsprechend dem Nennstrom des Kondensators, haben. Der Schutzleiteranschluß muß leicht zugänglich und entsprechend DIN 40011 gekennzeichnet sein.

3.3.5.2 Auf Kondensatoren, die keinen Schutzleiteranschluß besitzen, muß ein deutlicher Hinweis angebracht sein, der das Gehäuse als möglicherweise spannungsführend kennzeichnet.

3.3.6 Spannungsfestigkeit Belag gegen Belag

Der Kondensator ist so zu bemessen, daß die Nennspannung entsprechend der festgelegten Betriebsart angelegt werden darf.

3.3.7 Spannungsfestigkeit Beläge gegen Gehäuse

Die Bemessungsspannung der Isolierung muß, wenn keine besondere Vereinbarung getroffen wurde, mindestens den Wert

$$\frac{U_N}{\sqrt{2}}$$

haben.

Anmerkung: Die Isolierungen Beläge gegen Gehäuse und Kondensatoreinheit gegen Kondensatoreinheit bei mehreren in einem Gehäuse vereinigten Kondensatoreinheiten sowie Beläge (einschließlich Anschlüssen) gegen Melde- und Steuerstromkreise sind nach der Bemessungsspannung der Isolierung zu bemessen. Bei mehreren in einem Gehäuse vereinigten Kondensatoreinheiten, die kein gemeinsames Potential haben, muß die Bemessungsspannung der Isolierung mindestens der höchsten zwischen zwei Klemmen zugelassenen Betriebsspannung entsprechen. Falls u_s größer als der Scheitelwert der Prüfspannung Belag gegen Belag ist, muß die Bemessungsspannung der Isolierung Beläge gegen Gehäuse zwischen Hersteller und Anwender festgelegt werden.

3.3.8 Kriech- und Luftstrecken

Die Kriech- und Luftstrecken zwischen den Anschlüssen müssen für $U_N/\sqrt{2}$ als Bezugsspannung und die Isolationsgruppe nach DIN VDE 0110 Teil 2 bemessen werden. Die Kriech- und Luftstrecken zwischen den Anschlüssen und dem Gehäuse müssen für die Nennisolationsspannung als Bezugsspannung und die Isolationsgruppe nach DIN VDE 0110 Teil 2 bemessen werden.

3.3.9 Spitzenstrom- und Kurzschlußfestigkeit

Kondensatoren nach dieser Norm müssen einen Kurzschluß zwischen den Klemmen bei einer Ladespannung bis zur Nennspannung aushalten. Falls dies nicht möglich ist, müssen die Kondensatoren mindestens den zulässigen Stoßspitzenstrom aushalten. Diese eingeschränkte Kurzschlußfestigkeit ist im Datenblatt anzugeben.

3.3.10 Selbstheilende Kondensatoren

Selbstheilende Kondensatoren müssen so gebaut werden, daß sie mindestens bis zum Scheitelwert der Prüfspannung selbstheilen.

Anmerkung: Unterhalb von ≈ 20 V kann bauartabhängig die Selbstheilung eingeschränkt sein.

3.3.11 Belastbarkeit

Kondensatoren nach dieser Norm müssen im ganzen Betriebstemperaturbereich bis zu den angegebenen Werten für Nennstrom, Nennspannung und Grenz-Verlustleistung im Dauerbetrieb belastbar sein.

3.3.12 Innere Sicherungen

Kondensatoren mit inneren Sicherungen sind so zu bauen, daß bei bestimmungsgemäßer Benutzung bei einem Fehler im Kondensator durch die innere Sicherung die Gefahr der Überhitzung oder des Berstens des Gehäuses oder der Durchführungen (siehe Anmerkung 1 in Abschnitt 3.1) vermieden wird (siehe auch DIN 31000/VDE 1000/03.79, Abschnitte 3.2 bis 3.5). Diese Forderung gilt als erfüllt, wenn der Kondensator die Prüfung nach Abschnitt 4.3.12 besteht.

3.3.13 Aufschriften

Die Aufschriften müssen dauerhaft und gut lesbar sein. Die Aufschrift auf dem Kondensator muß folgende Angaben enthalten:

1. Name des Herstellers oder Ursprungszeichen
2. Typbezeichnung
3. Nennkapazität in μF und Kapazitätstoleranz in %
4. Nennspannung
5. Kurzzeichen dieser VDE-Bestimmung „560-12“, also ohne die Buchstaben „VDE“
6. Herstellmonat und -jahr
Gegebenenfalls Kennzeichnung des Schutzleiteranschlusses oder Hinweis auf mögliche Spannung am Gehäuse (siehe Abschnitt 3.3.5)

Die Aufschrift kann außerdem folgende Angaben haben:

7. Bemessungsspannung der Isolierung
8. SH für selbstheilende Kondensatoren
9. $\Rightarrow$ für Kondensatoren mit inneren Sicherungen. Ist für ein sicheres Verhalten beim Ausfall eine äußere Sicherung erforderlich, ist diese mit ihrer Nennstromstärke im Datenblatt anzugeben.
10. Anwendungsklasse nach DIN 40040, Angaben auch unverschlüsselt.
11. für Kondensatoren mit eingebauten Entladewiderständen.

3.3.14 Datenblatt

Im Datenblatt sind die Daten nach Abschnitt 3.3.13 anzugeben und wie folgt zu ergänzen:

1. Nennstrom, höchstzulässiger periodischer Spitzenstrom $\hat{i}$. Gegebenenfalls Stoßspitzenstrom und Hinweis auf eingeschränkte Kurzschlußfestigkeit (siehe Abschnitt 3.3.9)
2. Grenz-Verlustleistung
3. Richtwerte für den dielektrischen Verlustfaktor $\tan \delta_0$, den Reihenwiderstand R_s
4. Eigeninduktivität
5. Art der Kühlung, Kühlmitteltemperaturen und -mengen.
6. Art der Sicherung
7. Kriech- und Luftstrecken; Isolationsgruppe nach DIN VDE 0110 Teil 2 für die Bezugsspannung nach Abschnitt 3.3.8
8. Chemische oder Herstellerbezeichnung des Tränkmittels bzw. Füllmittels
9. Kurvenform der Nennspannung, die der Bemessung zugrunde liegt (siehe Abschnitt 2.3.1)
10. Kurvenform und Dauer der Stoßspitzenspannung
11. Lager- und Transporttemperaturgrenzen
12. Umfang der Stichprobenprüfung (siehe Abschnitt 4.1.4)

4 Prüfbestimmungen

4.1 Prüfarten

4.1.1 Zerstörungsfreie Prüfung (ZF)

Der Prüfling muß nach der Prüfung mechanisch und elektrisch einwandfrei geblieben sein. Seine Betriebsbrauchbarkeitsdauer darf nicht gemindert sein.

4.1.2 Nichtzerstörungsfreie Prüfung (NZF)

Die Betriebsbrauchbarkeitsdauer des Prüflings darf durch die Prüfung verkürzt werden; außerdem darf der Prüfling nach der Prüfung beschädigt oder nicht mehr verwendbar sein. Die Stichproben- und Typprüfung gelten als nicht zerstörungsfrei.

4.1.3 Stückprüfung (siehe Tabelle 2)

Als Fertigungsendprüfung ist eine Stückprüfung an jedem einzelnen Kondensator durchzuführen. Sie ist zerstörungsfrei. Sie sondert Kondensatoren mit Werkstoff- oder Herstellfehlern aus und überprüft die Einhaltung der Grenzwerte.

4.1.4 Stichprobenprüfung (siehe Tabelle 3)

Die Stichprobenprüfung wird an den Prüflingen einer einheitlichen Menge der normalen Fertigung durchgeführt. Sie weist vorgeschriebene Eigenschaften oder Werte des Kondensators nach und dient zur langfristigen Überwachung der Fertigung und der Qualitätssicherung. Der Umfang der Stichprobenprüfung ist im Datenblatt anzugeben und kann darüber hinaus zwischen Hersteller und Anwender festgelegt werden.

Für Prüflös 2 und 3 können Kondensatoren verwendet werden, die die Prüfungen 1 bis 10, Tabelle 3 (Prüflös 1), bestanden haben.

Anmerkung: Näheres über Stichprobenprüfungen siehe Druckschriften der Deutschen Gesellschaft für Qualität (ASQ) beim Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung e.V. (AWF), Frankfurt am Main, Gutleutstraße 163-167*).

4.1.5 Typprüfung (Tabelle 4)

Die Typprüfung dient zur Feststellung der grundlegenden Eigenschaften eines Bautyps oder einer ganzen Bauart. An jedem Bautyp ist eine Typprüfung durchzuführen. Bei Bautypfamilien gilt die Typprüfung, die an einem Bautyp die größte Prüfschärfe ergibt, für alle anderen Typen dieser Familie. Prüflinge für die Bauart-Typprüfung müssen die Stückprüfung bestanden haben. Wenn nicht anders vereinbart, sind mindestens 2 Stück zu prüfen. Kondensatoren, die die Prüfung 16 (Prüflös 2) bestanden haben, können für Prüflös 3 oder 4 verwendet werden.

4.1.6 Reihenfolge der Prüfungen

Die in den Tabellen 2, 3 und 4 angegebene Reihenfolge der Prüfungen ist einzuhalten.

4.1.7 Meßunsicherheit

Kondensatoren sind erst dann zu beanstanden, wenn der gemessene Wert um mehr als die Meßunsicherheit abweicht. Bei höheren Genauigkeitsanforderungen sind diese zwischen Anwender und Hersteller zu vereinbaren und durch Vergleichsmessungen zu sichern.

Die Meßunsicherheit darf bei der Kapazitätsmessung höchstens $\pm 0,5\%$ des Meßwertes und bei der Verlustfaktormessung höchstens $\pm 1 \cdot 10^{-4} \pm 10\%$ des Meßwertes betragen. Außerdem ist der Verlustfaktor mit einer Frequenz zwischen 1 und 10 kHz nach Wahl des Herstellers bei kleiner Meßspannung zu messen. Dabei darf die Meßunsicherheit $\pm 10\%$ des Meßwertes betragen.

Diese Messungen sind zerstörungsfrei.

Anmerkung: Wenn die Meßgenauigkeit der Verlustfaktormessung nicht ausreicht, können zur Berechnung des Verlustfaktors die Ergebnisse von Erwärmungsmessungen herangezogen werden.

4.1.8 Meß- und Prüfklima

Die Messungen und Prüfungen sind, wenn nicht anders angegeben, in klimatischen Bedingungen nach DIN IEC 68 Teil 1/05.85, Abschnitt 5.3, durchzuführen.

Für Schiedsmessungen gilt DIN IEC 68 Teil 1/05.85, Abschnitt 5.2.

*) ASQ/AWF 1: ASQ-Stichprobentabellen zur Attributprüfung, 3. Auflage 1969, Text und Tabellen berücksichtigen Military Standard 109 D.
 ASQ/AWF 4: Begriffserläuterungen und Formelzeichen im Bereich der Statistischen Qualitätskontrolle.
 ASQ/AWF 5: Stichprobenpläne für messende Prüfung.
 ASQ/AWF 7: Auswerten von Meßreihen.
 ASQ/AWF 11: Güteprüfzeichen und ihre Bewertung.