

	DIN IEC 60358-1 (VDE 0560-2)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE

ICS 31.060.99

Einsprüche bis 2009-01-31

Vorgesehen als Ersatz für
DIN VDE 0560-2
(VDE 0560-2):1970-05

Entwurf

Kopplungskondensatoren und kapazitive Teiler – Teil 1: Allgemeine Bestimmungen (IEC 33/441/CD:2008)

Coupling capacitors and capacitor dividers –
Part 1: Common clauses
(IEC 33/441/CD:2008)

Condensateurs de couplage et diviseurs capacitifs –
Partie 1: Règles générales
(CEI 33/441/CD:2008)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2008-10-27 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@vde.com** in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter **www.dke.de/stellungnahme** abgerufen werden
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante 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

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	8
3.1 Allgemeine Begriffe	8
3.2 Begriffe für Kopplungskondensatoren	11
4 Betriebsbedingungen	12
4.1 Normale Betriebsbedingungen	12
4.2 Besondere Betriebsbedingungen	13
4.3 Betriebserdung des Netzes	14
5 Bemessungswerte	15
5.1 Normwerte der Bemessungsfrequenz	15
5.2 Normwerte für Bemessungsspannungen	15
5.3 Normwerte des Bemessungsspannungsfaktors	15
6 Anforderungen an die Konstruktion	16
6.1 Anforderungen an die Isolierung	16
6.2 Weitere Anforderungen an die Isolierung	18
6.3 Anforderungen an die elektromagnetische Ausstrahlung	21
6.4 Mechanische Anforderungen	21
6.5 Dichtheit des Betriebsmittels	22
6.6 Spannungsstaffelung für Gleichstromkondensatoren	22
7 Prüfbedingungen	23
8 Klassifizierung von Prüfungen	23
8.1 Stückprüfungen	23
8.2 Typprüfungen	24
8.3 Sonderprüfungen	24
9 Stückprüfungen	25
9.1 Dichtheit von flüssigkeitsgefüllten Betriebsmitteln	25
9.2 Elektrische Stückprüfung	26
10 Typprüfungen	29
10.1 Stoßspannungsprüfungen	29
10.2 Regenprüfung für Freiluft-Betriebsmittel	30
10.3 Störspannungsprüfung	31
10.4 Prüfung der Spannungsumpolung für Gleichstrom-Betriebsmittel	32
11 Sonderprüfungen	32
11.1 Prüfung der mechanischen Festigkeit	32

	Seite
11.2 Betriebsmittel	33
12 Kennzeichnung des Betriebsmittels	33
12.1 Allgemeines	33
12.2 Beschriftung des Leistungsschildes	33
Anhang A Typische schematische Darstellung eines Betriebsmittels	34
Anhang B Teilentladungsprüfkreis und Messgeräteausrüstung	36
Anhang C Funkstörspannung – Messkreis.....	38
Literaturhinweise	40
Bild 1 – Höhenkorrekturfaktor für die Isolierung	14
Bild 2 – Flussdiagramme des Prüfablaufs der durchzuführenden Typprüfung (Bild 2a) und Stückprüfung (Bild 2b)	25
Bild A.1 – Beispiel für die schematische Darstellung eines Kopplungskondensators (mit und ohne Niederspannungsanschluss)	34
Bild A.2 – Beispiel für die schematische Darstellung eines Kopplungskondensators mit TFH-Zubehör (siehe IEC 60481)	34
Bild A.3 – Beispiel für die schematische Darstellung eines kapazitiven Teilers.....	35
Bild A.4 – Beispiel für die schematische Darstellung eines RC-Teilers	35
Bild B.1 – Prüfkreis	36
Bild B.2 – Alternativer Prüfkreis	36
Bild B.3 – Beispiel eines abgeglichenen Prüfkreises.....	37
Bild B.4 – Beispiel eines Kalibrierstromkreises.....	37
Bild C.1 – Messkreis	39
Tabelle 1 – Temperaturklassen der Bemessungs-Umgebungstemperatur	12
Tabelle 2 – Normwerte der Bemessungsspannungsfaktoren.....	16
Tabelle 3 – Genormte Isolationspegel für Wechselspannungen	17
Tabelle 4 – Teilentladungsprüfspannungen und zulässige Pegel	19
Tabelle 5 – Kriechstrecke	20
Tabelle 6 – Statische Standprüflasten für Isolatoren.....	21
Tabelle 7 – Zulässige zeitweilige Leckraten für Gasanlagen	22
Tabelle 8 – Prüfspannungen für Einheiten, Stapel und komplette Betriebsmittel	28
Tabelle 9 – Art und Weise des Aufbringens der Prüflasten auf den Netzprimäranschluss.....	32
Tabelle 10 – Beschriftung des Leistungsschildes.....	33

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 33/441/CD:2008 „Coupling capacitors and capacitor dividers – Part 1: Common clauses“ (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 33 „Power capacitors“ 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 diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium K 341 „Leistungskondensatoren zur Blindstromkompensation, Kondensatoren zur induktiven Wärmezeugung, Glättungskondensatoren“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Diese Norm ist Teil 1 von IEC 60358, die unter dem Haupttitel „*Kopplungskondensatoren und kapazitive Teiler*“ veröffentlicht wird.

Diese Normenreihe besteht aus folgenden Teilen:

IEC 60358-1:200X, *Coupling capacitor and capacitor dividers – Part 1: Common clauses*

IEC 60358-2:200X, *Coupling capacitor and capacitor dividers – Part 2: AC or DC single-phase coupling capacitor connected between line and ground for power line carrier-frequency (PLC) application*

IEC 60358-3:200X, *Coupling capacitor and capacitor dividers – Part 3: AC or DC single-phase **coupling capacitor** connected between line and ground for harmonic-filters applications*

IEC 60358-4:200X, *Coupling capacitor and capacitor dividers – Part 4: AC or DC single-phase capacitor-**divider** and RC-**divider** connected between line and ground (ausgenommen Konstantspannungstransformatoren, die in IEC 60044-5 bzw. 61869-5 behandelt werden)*

Änderungen

Gegenüber DIN VDE 0560-2 (VDE 0560-2):1970-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) vollständige Neubearbeitung der technisch veralteten nationalen Norm bei IEC TC 33 als Internationale Norm.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, 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.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
HD 472 S1	IEC 60038	DIN IEC 60038 (VDE 0175)	VDE 0175
EN 60044-5	IEC 60044-5	DIN EN 60044-5 (VDE 0414-44-5)	VDE 0414-44-5
–	IEC 60050-321:1986	IEV-Kapitel 321	–
–	IEC 60050-436:1990	IEV-Kapitel 436	–
–	IEC 60050-601:1985	IEV-Kapitel 601	–
–	IEC 60050-604:1987	IEV-Kapitel 604	–
–	IEC 60060-1	DIN IEC 60060-1 (VDE 0432-1)	VDE 0432-1
–	IEC 60060-2	DIN IEC 60060-2 (VDE 0432-2)	VDE 0432-2
EN 60071-1	IEC 60071-1	DIN EN 60071-1 (VDE 0111-1)	VDE 0111-1
EN 60085	IEC 60085	DIN EN 60085 (VDE 0301-1)	VDE 0301-1
EN 60270	IEC 60270	DIN EN 60270 (VDE 0434)	VDE 0434
–	IEC 60481	DIN 57850 DIN VDE 0850 (VDE 0850)	VDE 0850
–	Normen der Reihe IEC 60721	Normen der Reihe DIN IEC 60721	–
–	IEC 60815	–	–
EN 61462	IEC 61462	DIN EN 61462 (VDE 0441-102)	VDE 0441-102
–	IEC 61869-5	–	–
EN 62155	IEC 62155	DIN EN 62155 (VDE 0674-200)	VDE 0674-200
–	IEC 62271-300	–	–
–	CISPR 18-2	DIN VDE 0873 Beiblatt 2 (VDE 0873 Bbl. 2)	VDE 0873 Bbl.2

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN 57850/DIN VDE 0850 (VDE 0850), *Ankopplungs-Einrichtungen zur Trägerfrequenz-Nachrichtenübertragung über Hochspannungsleitungen (TFH-Anlagen)*

DIN EN 60044-5 (VDE 0414-44-5), *Messwandler – Teil 5: Kapazitive Spannungswandler*

DIN EN 60071-1 (VDE 0111-1), *Isolationskoordination – Teil 1: Begriffe, Grundsätze und Anforderungen*

DIN EN 60085 (VDE 0301-1), *Elektrische Isolierung – Thermische Bewertung und Bezeichnung*

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

DIN EN 61462 (VDE 0441-102), *Verbundhohlisolatoren – Druckbeanspruchte und drucklose Isolatoren für den Einsatz in elektrischen Betriebsmitteln mit Bemessungsspannungen über 1000 V – Begriffe, Prüfverfahren, Annahmekriterien und Konstruktionsempfehlungen*

DIN EN 62155 (VDE 0674-200), *Druckbeanspruchte und drucklose Hohlisolatoren aus keramischem Werkstoff und Glas für Anwendungen in elektrischen Betriebsmitteln mit Nennspannungen über 1 000 V*

DIN IEC 60038 (VDE 0175), *IEC-Normspannungen*

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

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

Normen der Reihe DIN IEC 60721, *Elektrotechnik – Klassifizierung von Umweltbedingungen*

DIN VDE 0873 Beiblatt 2 (VDE 0873 Beiblatt 2), *Die spezifischen Eigenschaften der von Hochspannungsfreileitungen und -anlagen verursachten Funkstörungen – Teil 2: Messverfahren und Methoden zur Bestimmung von Grenzwerten*

IEV-Kapitel 321, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch (IEW) – Kapitel 321: Messwandler*

IEV-Kapitel 436, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Kapitel 436: Leistungskondensatoren*

IEV-Kapitel 601, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch (IEW) – Kapitel 601: Erzeugung, Übertragung und Verteilung elektrischer Energie – Allgemeines*

IEV-Kapitel 604, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch (IEW) – Kapitel 604: Erzeugung, Übertragung und Verteilung elektrischer Energie – Betrieb*

Kopplungskondensatoren und kapazitive Teiler – Teil 1: Allgemeine Bestimmungen

1 Anwendungsbereich

Diese Norm IEC 60358-1 gilt für:

- Kondensatoren, die mit einer Anschlussklemme entweder dauerhaft geerdet oder mit Niederspannung belegt sind und die für nachfolgend aufgeführte und ähnliche Anwendungen verwendet werden.

Diese Norm dient als übergeordnete Norm für Kopplungskondensator, wobei die einzelnen Teile dieser Norm die ergänzenden Anforderungen und Prüfungen beinhalten, z. B.:

- IEC 60358-2 gilt für Einphasen-Kopplungskondensatoren für Wechsel- oder Gleichstrom, die zwischen Leitung und Erde geschaltet sind, für Trägerfrequenzübertragungen auf Hochspannungsleitungen (TFH-Übertragung) bei Trägerfrequenzen von 30 kHz bis 500 kHz oder ähnliche Anwendungen bei Netz-Gleich- oder -Wechselspannungen von $U_m \geq 72,5$ kV und Netzfrequenzen von 15 Hz bis 60 Hz;
- IEC 60358-3 gilt für Kopplungskondensatoren für Wechsel- oder Gleichstrom, die als Oberwellenfilter zwischen Leitung und Erde geschaltet werden;
- IEC 60358-4 gilt für einphasige kapazitive Teiler und RC-Teiler für Wechsel- oder Gleichstrom, die zwischen Leitung und Erde geschaltet sind (ausgenommen Konstantspannungstransformatoren, die in IEC 60044-5 bzw. IEC 61869-5 behandelt werden).

ANMERKUNG 1 Wechselstrom und Gleichstrom können entweder in einem oder in getrennten Teilen behandelt werden.

ANMERKUNG 2 Schematische Darstellungen von Kopplungskondensatoren, für die diese Norm gilt, sind in den Bildern A.1 und A.2 dargestellt.

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 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60044-5, *Instrument transformers – Part 5: Capacitive voltage transformers*

IEC 60050-321:1986, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 321: Instrument transformers*

IEC 60050-436:1990, *International Elektrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 436: Power capacitors*

IEC 60050-601:1985, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity – General*

IEC 60050-604:1987, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

IEC 60060-1, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60060-2, *High-voltage test techniques – Part 2: Measuring systems*

IEC 60071-1, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60085, *Thermal evaluation and classification of electrical insulation*

E DIN IEC 60358-1 (VDE 0560-2):2008-11

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

IEC 60481, *Coupling devices for power line carrier systems*

IEC 60721 (alle Teile), *Classification of environmental conditions*

IEC 60815, *Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions*

IEC 61462, *Composite insulator – Hollow insulator for use outdoor and indoor electrical equipment – Definitions, test methods and acceptance criteria and design recommendation*

IEC 61869-5, *Instrument transformers – Part 5: Capacitive voltage transformers (38/355/CDV has been published in September 2006)*

IEC 62155, *Hollow pressurized and unpressurized ceramic and glass insulators for use in electrical equipment with rated voltages greater than 1 000 V*

IEC 62271-300, *High voltage alternating current circuit breakers – Guide for seismic qualification of high voltage alternating current circuit breakers*

CISPR 18-2, *Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment – Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits*

3 Begriffe

Für die Zwecke dieses Dokumentes gelten die folgenden Begriffe.

ANMERKUNG Einige dieser Begriffe sind identisch mit denen von IEC 60050-321, IEC 60050-436, IEC 60050-601 und IEC 60050-604 oder entsprechen diesen. Für diese Begriffe sind die entsprechenden IEC-Nummern in Klammern angegeben.

3.1 Allgemeine Begriffe

3.1.1

Betriebsmittel

ein für diese Norm verwendeter Begriff sowohl für einen kompletten Kondensator als auch für einen kapazitiven Teiler und RC-Teiler

3.1.2

Kopplungskondensator

Kondensator, der für die Übertragung von Signalen in einem Netz verwendet wird [IEV 436-02-11]

3.1.3

Bemessungsfrequenz eines Betriebsmittels

die Frequenz, für die der Kopplungskondensator ausgelegt ist

3.1.4

Normbezugsbereich der Frequenz

der für das Betriebsmittel geltende Frequenzbereich

3.1.5

Bemessungsspannung

U_R

Spannung, die in der Bezeichnung des Betriebsmittels enthalten ist und auf der dessen Betriebsverhalten basiert [IEV 321-01-12]

3.1.6

höchste Spannung U_m für das Betriebsmittel

Wechselspannung: der höchste Effektivwert der Außenleiterspannung, für den das Betriebsmittel ausgelegt ist und bezüglich seiner Isolierung verwendet werden darf

Gleichspannung: der höchste Wert der Außenleiter-Erde-Spannung, für den das Betriebsmittel ausgelegt ist und bezüglich seiner Isolierung verwendet werden darf

3.1.7

Bemessungsisolationspegel

Kombination von Spannungswerten, welche die Isolierung des Betriebsmittels in Bezug auf die dielektrische Zerstörfestigkeit charakterisieren

3.1.8

Netz mit isoliertem Neutralpunkt

Netz, in dem kein Neutralpunkt betriebsmäßig Erdverbindung hat, mit Ausnahme von Verbindungen hoher Impedanz für Schutz- und Messeinrichtungen [IEV 601-02-24]

3.1.9

Netz mit direkter Neutralpunktterdung

Netz, in dem ein oder mehrere Neutralpunkte unmittelbar mit Erde verbunden sind [IEV 601-02-25]

3.1.10

Netz mit Neutralpunkt-Impedanzerdung

Netz, in dem mindestens ein Neutralpunkt zur Begrenzung des Erdkurzschlussstroms über eine Impedanz geerdet ist [IEV 601-02-26]

3.1.11

Netz mit Erdschlusskompensation

Netz, in dem ein oder mehrere Neutralpunkte zur weitgehenden Kompensation des kapazitiven Anteils des Erdschlussstroms über eine Reaktanz mit Erde verbunden sind [IEV 601-02-27]

ANMERKUNG Mit der Erdung des Netzes über eine Erdschlussspule wird der Fehlerstrom bei Erdschluss so begrenzt, dass ein Fehlerlichtbogen in der Luft selbstlöschend ist.

3.1.12

Erdfehlerfaktor

für eine bestimmte Stelle eines Drehstromnetzes und für eine bestimmte Netzkonfiguration das Verhältnis des Effektivwerts der höchsten betriebsfrequenten Spannung Außenleiter-Erde eines nicht fehlerbehafteten Außenleiters während eines Fehlers mit Erdberührung, der einen oder mehrere Außenleiter an beliebigen Stellen des Netzes beeinflusst, zum Effektivwert der betriebsfrequenten Außenleiter-Erde-Spannung an der betrachteten Stelle, die dort ohne Fehler vorhanden wäre [IEV 604-03-06]

3.1.13

Netz mit geerdetem Neutralpunkt

Netz, in dem der Neutralpunkt entweder direkt oder über einen ausreichend niederohmigen Widerstand oder eine ausreichend niederohmige Reaktanz mit Erde verbunden ist, um Ausgleichsschwingungen zu verringern und einen für den selektiven Erdschlussschutz ausreichenden Strom abzugeben

- a) Ein Drehstromnetz mit einem an einer bestimmten Stelle wirksam geerdeten Neutralpunkt ist ein Netz, das an dieser Stelle einen Erdfehlerfaktor von höchstens 1,4 aufweist.

ANMERKUNG Dieser Zustand wird annähernd erreicht, wenn, bei allen Netzkonfigurationen, das Verhältnis der Nullreaktanz zur Mitreaktanz kleiner als 3 und das Verhältnis von Nullwiderstand zur Mitreaktanz kleiner als 1 ist.

- b) Ein Drehstromnetz mit einem an einer bestimmten Stelle nicht wirksam geerdeten Sternpunkt ist ein Netz, deren Erdfehlerfaktor an dieser Stelle den Wert 1,4 überschreiten darf.

3.1.14

Anlage mit äußeren Überspannungen

Anlage, in der die Geräte Überspannungen aus der Luft ausgesetzt sind

ANMERKUNG Derartige Anlagen sind gewöhnlich entweder unmittelbar oder über ein kurzes Kabel an Übertragungs-freileitungen angeschlossen.

3.1.15

Anlage ohne äußere Überspannungen

Anlage, in der die Geräte keinen Überspannungen aus der Luft ausgesetzt sind

ANMERKUNG Derartige Anlagen sind gewöhnlich an Erdkabelnetze angeschlossen.

3.1.16

Bemessungsspannungsfaktor

F_V

der für die Bemessungsspannung U_R geltende Multiplikator zur Bestimmung der Höchstspannung, bei der ein Betriebsmittel für eine festgelegte Zeit den zutreffenden thermischen Anforderungen genügen muss

3.1.17

Bemessungstemperaturklassen des Betriebsmittels

Temperaturbereich der Umgebungsluft oder des Kühlmittels, für den das Betriebsmittel ausgelegt wurde

3.1.18

Außenleiterklemme

Anschlusspunkt für die Verbindung mit einem Außenleiter eines Netzes [IEV 436-03-01]

3.1.19

mechanische Beanspruchung

die Beanspruchung einzelner Teile des Betriebsmittels als eine Funktion von vier Hauptkräften:

- Kräfte auf die Anschlussklemmen, hervorgerufen durch die Anschlussleitungen,
- Kräfte auf den Querschnitt des Betriebsmittels mit und ohne einer auf der Oberseite eines Kopplungs-/ Filterkondensators befestigten TFH-Sperre, hervorgerufen durch den Wind,
- seismische Kräfte und
- elektrodynamische Kräfte, hervorgerufen durch den Kurzschlussstrom

3.1.20

Betriebsmittel mit Spannungsanschluss

Betriebsmittel mit nur einem Anschluss zum Hochspannungsnetz

ANMERKUNG Unter normalen Bedingungen führt der obere Anschluss nur den Strom des Betriebsmittels.

3.1.21

Betriebsmittel mit Stromanschluss

Betriebsmittel mit zwei Anschlüssen zum Hochspannungsnetz

ANMERKUNG Die Anschlussklemmen und der obere Anschluss sind dafür ausgelegt, unter normalen Bedingungen den Netzstrom zu führen.

3.1.22

Kopplungs-/Filterkondensator mit TFH-Sperre

Kopplungs-/Filterkondensator, auf dessen Oberseite eine TFH-Sperre befestigt ist

ANMERKUNG 1 In diesem Fall führen beide Anschlüsse zur TFH-Sperre den Hochspannungs-Netzstrom, und ein Anschluss von der TFH-Sperre zum Kondensator führt den Kondensatorstrom.

ANMERKUNG 2 Die auf dem Oberteil in zwei Phasen befestigten TFH-Sperren entwickeln während eines Kurzschlusses in mehreren Phasen zusätzliche Kräfte.

3.2 Begriffe für Kopplungskondensatoren

3.2.1

Kopplungskondensator

Kondensator, der für die Übertragung von Signalen in einem Netz verwendet wird [IEV 436-02-11]

3.2.2

Kondensatorelement

Bauelement, das im Wesentlichen aus zwei Elektroden besteht, die durch ein Dielektrikum getrennt sind

3.2.3

Kondensatoreinheit

Anordnung von einem oder mehreren Kondensatorelement(en) in einem Behälter mit herausgeführten Anschlussklemmen [IEV 436-01-04]

3.2.4

Kondensatorstapel

Anordnung von Kondensatoreinheiten, die in Reihe geschaltet sind [IEV 436-01-05]

3.2.5

Kondensator

allgemeiner Begriff, der verwendet wird, wenn es nicht notwendig ist, anzugeben, ob auf eine Kondensatoreinheit oder auf einen Kondensatorstapel Bezug genommen wird

3.2.6

Bemessungskapazität C_R eines Kondensators

Kapazitätswert, für den der Kondensator ausgelegt ist

ANMERKUNG Diese Definition gilt:

- bei einer Kondensatoreinheit für die Kapazität zwischen den Anschlussklemmen der Einheit;
- bei einem Kondensatorstapel für die Kapazität zwischen Netz und Niederspannungsanschlüssen oder zwischen Netz und Erdungsklemmen des Stapels.

3.2.7

Niederspannungsanschlussklemme eines Kopplungskondensators

Anschlussklemme für die Verbindung mit Bezugserde, entweder direkt oder über eine Erdungsdrossel mit vernachlässigbarem Impedanzwert bei Bemessungsfrequenz für TFH-Anwendungen [IEV 436-03-04, modifiziert]

3.2.8

Kapazitätstoleranz

erlaubter Unterschied zwischen der wirklichen Kapazität und der Bemessungskapazität bei festgelegten Bedingungen [IEV 436-04-01]

3.2.9

äquivalenter Serienwiderstand eines Kondensators

virtueller Widerstand, der, in Reihe geschaltet mit einem idealen Kondensator gleichen Kapazitätswertes wie der betreffende Kondensator, eine Verlustleistung gleich der Wirkleistung besitzt, die in jedem Kondensator unter festgelegten Betriebsbedingungen bei einer vorgegebenen Hochfrequenz umgesetzt wird

3.2.10

Kondensatorverluste

Wirkleistung, die in dem Kondensator umgesetzt wird [IEV 436-04-10]

3.2.11

Tangens des Verlustwinkels ($\tan \delta$) eines Kondensators

Verhältnis zwischen der Wirkleistung P_a und der Blindleistung P_r : $\tan \delta = P_a / P_r$

3.2.12

Temperaturkoeffizient T_C der Kapazität

partielle Änderung der Kapazität für eine vorgegebene Temperaturänderung:

$$T_C = \frac{\frac{\Delta C}{\Delta T}}{C_{20\text{ °C}}} \left[\frac{1}{\text{K}} \right]$$

Dabei ist

ΔC die beobachtete Änderung der Kapazität über den zeitlichen Temperaturverlauf ΔT ;

$C_{20\text{ °C}}$ die bei 20 °C gemessene Kapazität.

ANMERKUNG Der Term $\Delta C/\Delta T$ entsprechend dieser Definition ist nur verwendbar, wenn die Kapazität eine nahezu lineare Funktion der Temperatur im betrachteten Bereich ist. Ist dies nicht der Fall, sollte die Temperaturabhängigkeit der Kapazität in einem Diagramm oder in einer Tabelle dargestellt werden.

3.2.13

Dielektrikum eines Kondensators

Isolierstoff zwischen den Elektroden

4 Betriebsbedingungen

Genaue Angaben zur Klassifizierung von Umgebungsbedingungen sind in der Normenreihe IEC 60721 enthalten.

4.1 Normale Betriebsbedingungen

4.1.1 Umgebungstemperatur

Das Betriebsmittel ist, wie in Tabelle 1 ersichtlich, in drei Kategorien eingeteilt.

Tabelle 1 – Temperaturklassen der Bemessungs-Umgebungstemperatur

Temperaturklasse	Mindesttemperatur °C	Höchsttemperatur °C
–5/40	–5	40
–25/40	–25	40
–40/40	–40	40
ANMERKUNG Bei der Wahl der Temperaturklasse sollten auch Lagerungs- und Transportbedingungen beachtet werden.		

4.1.2 Höhenlage

Die geographische Höhe überschreitet nicht 1 000 m.

4.1.3 Erschütterungen oder Erdbeben

Von außen auf das Betriebsmittel wirkende Erschütterungen oder Erdbeben sind unbedeutend.

4.1.4 Abweichende Betriebsbedingungen für Innenraum-Betriebsmittel

Abweichende Betriebsbedingungen sind folgende:

- der Einfluss von Sonnenstrahlung kann vernachlässigt werden;

- b) die Umgebungsluft ist nicht stark verschmutzt durch Staub, Rauch, korrosive Gase, Dämpfe oder Salz;
- c) die Bedingungen für die Feuchte sind wie folgt:
 - 1) der Mittelwert der über einem Zeitraum von 24 h gemessenen relativen Feuchte darf 95 % nicht überschreiten;
 - 2) der Mittelwert des Wasserdampfdrucks darf im Verlauf von 24 h 2,2 kPa nicht überschreiten;
 - 3) der Mittelwert der relativen Feuchte darf im Verlauf eines Monats 90 % nicht überschreiten;
 - 4) der Mittelwert des Wasserdampfdrucks darf im Verlauf eines Monats 1,8 kPa nicht überschreiten.

Bei diesen Bedingungen darf Kondensation gelegentlich auftreten.

ANMERKUNG 1 Kondensation ist dort zu erwarten, wo in Perioden hoher Luftfeuchte plötzliche Temperaturschwankungen auftreten.

ANMERKUNG 2 Um den Auswirkungen von hoher Feuchte und Kondensation, wie Versagen der Isolierung oder Korrosion von Metallteilen, standzuhalten, sollte ein für derartige Bedingungen ausgelegtes Betriebsmittel verwendet werden.

ANMERKUNG 3 Kondensation kann durch eine besondere Konstruktion des Gehäuses, durch entsprechende Lüftung und Heizung oder durch Verwendung eines Entfeuchtungsgerätes verhindert werden.

4.1.5 Abweichende Betriebsbedingungen für Freiluft-Betriebsmittel

Abweichende Betriebsbedingungen sind folgende:

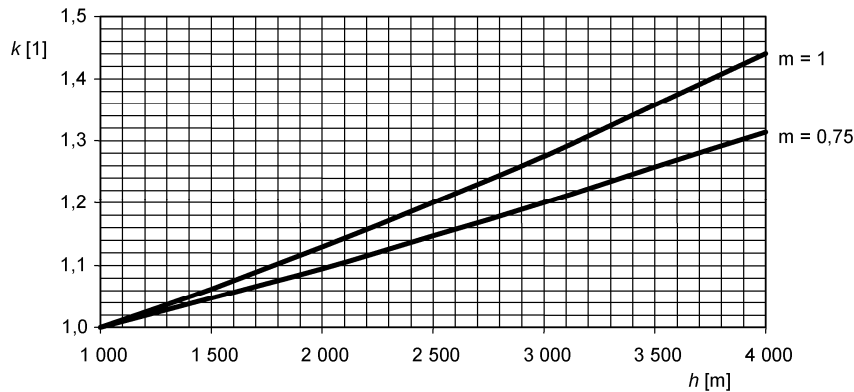
- a) der Mittelwert der über einen Zeitraum von 24 h gemessenen Umgebungstemperatur darf 35 °C nicht überschreiten;
- b) Sonnenstrahlung mit einer Intensität bis 1 000 W/m² (an einem wolkenlosen Tag am Mittag) sollte berücksichtigt werden;
- c) die Umgebungsluft darf durch Staub, Rauch, korrosive Gase, Dämpfe oder Salz verschmutzt sein; die Verschmutzung darf die in Tabelle 5 angegebenen Verschmutzungsgrade nicht überschreiten;
- d) der Winddruck darf 700 Pa nicht überschreiten (entspricht der Windgeschwindigkeit von 34 m/s);
- e) es sollte das Auftreten von Kondensation oder von Niederschlag berücksichtigt werden.

4.2 Besondere Betriebsbedingungen

Wird das Betriebsmittel unter Bedingungen eingesetzt, die von den in 4.1 angegebenen normalen Betriebsbedingungen abweichen, sollten sich die Benutzeranforderungen wie folgt auf genormte Schritte beziehen.

4.2.1 Höhenlage

Für Anlagen in einer Höhe über 1 000 m muss die Schlagweite unter den genormten atmosphärischen Bezugsbedingungen durch Multiplikation der am Betriebsort geforderten Stehspannung mit dem Faktor k nach Bild 1 bestimmt werden.



Diese Faktoren können mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$k = e^{m(h-1000)/8150}$$

Dabei ist

h die geographische Höhe in Metern;

$m = 1$ für Netzfrequenz und Blitzstoßspannung;

$m = 0,75$ für Schaltstoßspannung.

ANMERKUNG Wie auch bei der inneren Isolierung wirkt sich die Höhenlage nicht auf die Durchschlagfestigkeit aus. Das Verfahren für das Prüfen der äußeren Isolierung muss zwischen Hersteller und Käufer vereinbart werden.

Bild 1 – Höhenkorrekturfaktor für die Isolierung

4.2.2 Umgebungstemperatur

Bei Installation an einem Ort, an dem die Umgebungstemperatur wesentlich von den in 4.1.1 angegebenen Bereichen bei normalen Betriebsbedingungen abweicht, sollten die festzulegenden Vorzugsbereiche der Mindest- und Höchsttemperatur sein:

- a) -50 °C und 40 °C in sehr kalten Klimazonen;
- b) -5 °C und 50 °C in sehr heißen Klimazonen.

In bestimmten Regionen, in denen häufig warme, feuchte Winde wehen, können plötzliche Temperaturwechsel sogar in Innenräumen zur Kondensation führen.

ANMERKUNG Unter bestimmten Bedingungen der Sonnenstrahlung können entsprechende Maßnahmen, z. B. Bedachung, verstärkte Kühlung usw., notwendig sein, damit die festgelegte Erwärmung nicht überschritten wird.

4.2.3 Erdbeben

An Installationsorten, an denen das Auftreten von Erdbeben wahrscheinlich ist, muss vom Betreiber der entsprechende Stärkegrad nach IEC 62271 angegeben werden.

Die Übereinstimmung mit derartigen besonderen Anforderungen muss, sofern zutreffend, entweder durch Berechnung oder durch Prüfung nach den zutreffenden Normen nachgewiesen werden.

4.3 Betriebserdung des Netzes

Die in Betracht gezogenen Netzbetriebserdungen sind:

- a) Netz mit isoliertem Neutralpunkt (siehe 3.1.8);
- b) Netz mit Erdschlusskompensation (siehe 3.1.11);

- c) Netz mit geerdeten Neutralpunkt (siehe 3.1.13):
 - 1) Netz mit direkter Neutralpunktterdung (siehe 3.1.9)
 - 2) Netz mit Neutralpunkt-Impedanzerdung (siehe 3.1.10).

5 Bemessungswerte

5.1 Normwerte der Bemessungsfrequenz

Die Normwerte für Wechselspannungen sind 50 Hz und 60 Hz.

5.2 Normwerte für Bemessungsspannungen

5.2.1 Bemessungsspannungen U_R

Wechselstrom: Die Normwerte der Bemessungsspannung eines Betriebsmittels, das zwischen einer Leitung eines Drehstromnetzes und Erde oder zwischen einem Netzneutralpunkt und Erde geschaltet ist, müssen das $1/\sqrt{3}$ fache der Werte der Bemessungsnetzspannung betragen.

Vorzugswerte sind in IEC 60038 angegeben.

ANMERKUNG Die Leistungsfähigkeit eines Betriebsmittels beruht auf der Bemessungsspannung U_R , der Bemessungsisolationspegel hingegen beruht auf einer der für das Betriebsmittel zutreffenden Höchstspannungen U_m nach IEC 60071-1.

Gleichstrom: Die Werte der Bemessungsspannung eines zwischen einer Leitung und Erde geschalteten Betriebsmittels sind die Werte der Bemessungsnetzgleichspannung.

Bei Filterkondensatoren müssen die Oberwellenspannungen Bestandteil der Bemessungsspannung sein.

5.3 Normwerte des Bemessungsspannungsfaktors

5.3.1 Normwerte des Bemessungsspannungsfaktors von Wechselspannungen

Der Spannungsfaktor wird durch die höchste Betriebsspannung bestimmt, die wiederum von den Erdungsverhältnissen des Netzes abhängt.

Die für die einzelnen Erdungsverhältnisse zutreffenden Normspannungsfaktoren sind zusammen mit der zulässigen Dauer der höchsten Betriebsspannung (d. h. Bemessungszeit) in der nachfolgenden Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2 – Normwerte der Bemessungsspannungsfaktoren

Bemessungs- spannungsfaktor F_V	Bemessungszeit	Anschlussart des Primäranschlusses und Netzerdungsverhältnisse
1,2	ununterbrochen	Zwischen Phase und Erde in einem Netz mit wirksam geerdeten Neutralpunkt (3.1.13 a).
1,5	30 s	
1,2	ununterbrochen	Zwischen Phase und Erde in einem Netz mit unwirksam geerdeten Neutralpunkt (3.1.13 b) mit einer automatischen Erdschlussabschaltung.
1,9	30 s	
1,2	ununterbrochen	Zwischen Phase und Erde in einem Netz mit isoliertem Neutralpunkt (3.1.8) ohne automatische Erdschlussabschaltung oder in einem Netz mit Erdschlusskompen- sation (3.1.11) ohne automatische Erdschlussabschaltung.
1,9	8 h	
ANMERKUNG 1 Verringerte Bemessungszeiten sind zulässig, wenn dies zwischen Hersteller und Anwender vereinbart wurde.		
ANMERKUNG 2 Die thermischen Anforderungen eines Betriebsmittels beruhen auf der Bemessungsspannung, die Bemessungsisolationspegel hingegen auf der für das Betriebsmittel zutreffenden Höchstspannung U_m (IEC 60071-1).		
ANMERKUNG 3 Die höchste Betriebsspannung eines Betriebsmittels muss kleiner oder gleich der höchsten Spannung des Be- triebsmittels $\frac{U}{\sqrt{3}}$ oder der Bemessungsspannung U_R multipliziert mit dem Bemessungsspannungsfaktor 1,2 bei Dauerbetrieb sein, je nachdem, welcher Wert geringer ist.		

5.3.2 Normwerte des Bemessungsspannungsfaktors für Gleichspannungen

Für Gleichspannungen sind keine Normwerte verfügbar; der Bemessungsspannungsfaktor ist vom Hersteller und Käufer gemeinsam festzulegen.

6 Anforderungen an die Konstruktion

6.1 Anforderungen an die Isolierung

Die Wahl des Isolationspegels für das Betriebsmittel muss anhand der in Tabelle 3 enthaltenen genormten Isolationspegel erfolgen. Die Bemessungsisolationspegel müssen auf ihrer Höchstspannung U_m für das Betriebsmittel beruhen.

Tabelle 3 – Genormte Isolationspegel für Wechselspannungen

Bereich	Höchstspannung U_m für das Betriebsmittel (Effektivwert) kV	Bemessungswert der Stehspannung bei Netzfrequenz (Effektivwert) kV	Bemessungswert der Steh-Blitzstoß- spannung (Spitzenwert) kV	Bemessungswert der Schalt-Stehspannung (Spitzenwert) kV
I	0,72	3	---	
	1,2	6	---	
	3,6	10	20 40	
	7,2	20	40 60	
	12	28	60 75	
	17,5	38	75 95	
	24	50	95 125	
	36	70	145 170	
	52	95	250	
	72,5	140	325	
	100	185	450	
	123	185	450	
		230	550	
	145	230	550	
		275	650	
	170	275	650	
		325	750	
	245	395	950	
II		460	1 050	
	300	395	950	750
		460	1 050	850
	362	460	1 050	850
		510	1 175	950
	420	570	1 300	1 050
		630	1 425	1 050
	550	630	1 425	1 050
		680	1 550	1 175
	800	880	1 950	1 425
		975	2 100	1 550

ANMERKUNG 1 Bei Anlagen mit äußeren Überspannungen wird empfohlen, den höchsten Isolationspegel zu wählen.

ANMERKUNG 2 Die Bemessungspegel der Stehspannung bei Netzfrequenz nach IEC 62271-203 können anders sein.

ANMERKUNG 3 Zu alternativen Pegeln siehe IEC 60071-1.

Bei Gleichstromanwendungen wird die Steh-Gleichspannungsprüfung mit einem Faktor F_T durchgeführt, der für Kopplungskondensatoren in IEC 60358-2 und -3 und für die Teiler in IEC 60358-4 angegeben ist.

Geltende Grundregeln:

- Der Bemessungswert der positiven Steh-Schaltstoßspannung unter Regen bildet die Grundlage für die Bestimmung der Mindestschlagweite (äußere Isolierung) des Betriebsmittels.

- Die Festigkeit der äußeren Isolierung wird gewöhnlich mit dem Bemessungswert der Kurzzeit-Steh-Wechselspannung unter Regen (Bereich I) oder mit dem Bemessungswert der positiven Steh-Schaltstoßspannung unter Regen (Bereich II) geprüft (siehe 10.2).
- Der Bemessungswert der Steh-Blitzstoßspannung ist ein Faktor, mit dem die Festigkeit des Dielektrikums des Kondensators zu bestimmen ist.
- Bei Wechselstromanwendungen sind nach IEC 60071-1 für jede Höchstspannung U_m zwei genormte Stehspannungen zur Festlegung des genormten Isolationspegels für das Betriebsmittel hinreichend:
 - Bereich I: $U_m < 300$ kV: Bemessungswert der Steh-Blitzstoßspannung und Bemessungswert Kurzzeit-Steh-Wechselspannung;
 - Bereich II: $300 \text{ kV} \leq U_m \leq 800$ kV: Bemessungswert der Steh-Schaltstoßspannung und Bemessungswert der Steh-Blitzstoßspannung.
- Für Gleichstromanwendungen sind keine Normen verfügbar; der Isolationspegel muss zwischen Hersteller und Anwender vereinbart werden. Gewöhnlich sind für jede Bemessungsspannung zwei genormte Stehspannungen zur Festlegung des genormten Isolationspegels für das Betriebsmittel hinreichend:
 - Bereich I: $U_{\text{SIL}} < 750$ kV: Bemessungswert der Steh-Blitzstoßspannung und der entsprechende Bemessungswert der Stehspannung bei Netzfrequenz unter Regen (entsprechend der Spannung des unteren Stoßpegels (BIL-Spannung) aus Tabelle 3);
 - Bereich II: $750 \text{ kV} \leq U_{\text{SIL}}$: Bemessungswert der Steh-Schaltstoßspannung (unter Regen) und Bemessungswert der Steh-Blitzstoßspannung.
- Für die nichtselbstheilende innere Isolierung des Betriebsmittels sind in Tabelle 3 für den Bereich II drei genormte Stehspannungen angegeben. Die Kurzzeit-Steh-Wechselspannungsprüfung (bzw. Gleichspannungsprüfung bei Gleichstromanwendungen) wurde für den Bereich II als Stückprüfung mit Teilentladungsmessung festgelegt. Die Beanspruchung durch Wechselspannung (bzw. Gleichspannung bei Gleichstromanwendungen) bestimmt das Langzeitverhalten der nichtselbstheilenden inneren Isolierung des Betriebsmittels.
- Die Prüfung des Bemessungswertes der Kurzzeit-Steh-Wechselspannung (Tabelle 3, Spalte 3) mit Teilentladungsmessung im Bereich II ergibt einen Messwert für die Beanspruchung der Isolierung des Betriebsmittels.
- Der Bemessungsisolationspegel beruht auf der Höchstspannung U_m für das Betriebsmittel, die thermische Anforderung für das Betriebsmittel hingegen auf der Bemessungsspannung U_R .
- Die Wahl des Isolationspegels ist nach 5.2.1 und IEC 60071-1 vorzunehmen.

6.2 Weitere Anforderungen an die Isolierung

6.2.1 Der Witterung nicht ausgesetzte Niederspannungsanschlüsse

Betriebsmittel mit einem Niederspannungsanschluss müssen zwischen dem Niederspannungsanschluss und Erdungsklemmen 1 min einer Prüfspannung ausgesetzt werden. Die Prüfspannung muss eine Wechselspannung von 4 kV (Effektivwert) sein.

6.2.2 Der Witterung ausgesetzte Niederspannungsanschlüsse

Ist der Niederspannungsanschluss der Witterung ausgesetzt, muss er 1 min einer Wechselspannung von 10 kV (Effektivwert) zwischen Niederspannungsanschluss und Erdungsklemmen ausgesetzt werden.

6.2.3 Teilentladungen

Der Teilentladungspegel darf die in Tabelle 4 angegebenen Grenzwerte bei der in der gleichen Tabelle angegebenen Teilentladungsprüfspannung nach einer nach dem Verfahren von 9.2.3.1 vorgenommenen Vorbelastung nicht überschreiten.

Die Anforderungen an die Teilentladung gelten für das komplette Betriebsmittel.

Tabelle 4 – Teilentladungsprüfspannungen und zulässige Pegel

Art der Netzerdung	Teilentladungsprüfspannung (Effektivwert)	Zulässiger Teilentladungspegel (pC), Isolierung in Flüssigkeit getaucht
Netz mit geerdetem Sternpunkt	U_m	10
	$\frac{1,2 U_m}{\sqrt{3}}$	5
Isoliertes Netz oder Netz mit nicht wirksam geerdetem Sternpunkt	$1,2 U_m$	10
	$\frac{1,2 U_m}{\sqrt{3}}$	5
ANMERKUNG 1 Ist das Netz mit Sternpunkt nicht definiert, gelten die für das isolierte Netz oder das Netz mit nicht wirksam geerdetem Sternpunkt angegebenen Werte. ANMERKUNG 2 Der zulässige Teilentladungspegel gilt auch für Frequenzen, die von der Netzfrequenz abweichen. ANMERKUNG 3 Werden nur Teile des Betriebsmittels geprüft, ist die Prüfspannung identisch mit: $1,05 \times \text{Prüfspannung des Betriebsmittels} \times \frac{\text{Bemessungsspannung der Einheit}}{\text{Bemessungsspannung des Betriebsmittels}}$ oder $1,05 \times \text{Prüfspannung des Betriebsmittels} \times \frac{\text{Bemessungsspannung des Stapels}}{\text{Bemessungsspannung des Betriebsmittels}}$		

Für Gleichstromanwendungen ist die Teilentladungsprüfspannung für Kopplungskondensatoren in IEC 60358-2 und -3 und für die Teiler in IEC 60358-4 angegeben.

6.2.4 Prüfung mit der abgeschnittenen Blitzstoßspannung

Diese Prüfung dient der Überprüfung der inneren Verbindungen des Betriebsmittels.

Falls zusätzlich gefordert, muss das komplette Betriebsmittel einer abgeschnittenen Blitzstoßspannung mit einem Spitzenwert von 115 % des Bemessungswertes der Blitzstoßspannung standhalten können.

6.2.5 Kapazität bei Netzfrequenz

Die Kapazität C einer Einheit, eines Stapels und eines Kondensators darf von der Bemessungskapazität um nicht mehr als – 5 % bis + 10 % abweichen.

Das Verhältnis der Kapazitäten von zwei beliebigen Einheiten als Teil eines Kondensatorstapels darf vom reziproken Verhältnis der Bemessungsspannungen der Einheiten um nicht mehr als 5 % abweichen.

Die Kapazität muss mit dem 0,1fachen und 0,9- bis 1,1fachen Wert von U_R bzw. von $U_R/\sqrt{2}$ bei Gleichstromanwendungen gemessen werden oder der Wert ist zwischen Hersteller und Käufer zu vereinbaren.

ANMERKUNG 1 $C = \frac{C_0}{n}$

Dabei ist

n die Anzahl von in Reihe geschalteten Elementen;

C_0 die Kapazität eines Elementes.

ANMERKUNG 2 Die Ist-Kapazität sollte bei der Temperatur gemessen werden, bei der die Bemessungskapazität definiert ist, oder auf diese Temperatur bezogen werden.

6.2.6 Verlustleistung des Kondensators bei Netzfrequenz

Die Anforderungen bezüglich der Leistungsverluste des Kondensators, ausgedrückt als $\tan \delta$, die mit dem 0,9- bis 1,1fachen Wert von U_R bzw. von $U_R/\sqrt{2}$ bei Gleichstromanwendungen gemessen werden, dürfen zwischen Hersteller und Käufer vereinbart werden.

ANMERKUNG 1 Der Zweck ist, die Gleichförmigkeit der Herstellung zu überprüfen. Grenzwerte für die zulässigen Abweichungen dürfen Gegenstand einer Vereinbarung zwischen Hersteller und Käufer sein.

ANMERKUNG 2 Der Wert $\tan \delta$ hängt von der Isolationsart, von der Spannung, von der Temperatur und der Messfrequenz ab.

ANMERKUNG 3 Der Wert $\tan \delta$ von bestimmten Dielektrikumsarten ist eine Funktion der Erregerzeit vor der Messung.

ANMERKUNG 4 Die Leistungsverluste des Kondensators sind ein Hinweis auf den Trocknungs- und Tränkungsprozess.

ANMERKUNG 5 Als Information: Typische Werte von $\tan \delta$ für Dielektrika, die mit Mineralöl oder Synthetiköl getränkt sind, sind bei 20 °C (293 K) und bei Nennspannung:

- a) Papier: $\leq 5 \times 10^{-3}$
- b) Gemischt: Folie-Papier-Folie und Papier-Folie-Papier $\leq 3 \times 10^{-3}$
- c) Folie: $\leq 1 \times 10^{-3}$

6.2.7 Anforderungen an die äußere Isolierung

Für Freiluftisolierungen, die anfällig für Verunreinigungen sind, ist der auf der Isolierungsoberfläche in mm gemessene Mindestbemessungswert der spezifischen Kriechstrecke in Tabelle 5 angegeben.

Tabelle 5 – Kriechstrecke

Verschmutzungsgrad	Mindestbemessungswert der spezifischen Kriechstrecke ^a mm/kV AC ^b	Kriechstrecke Schlagweite
I leicht	16	$\leq 3,5$
II mittel	20	$\leq 3,5$
III schwer	25	$\leq 4,0$
IV sehr schwer	31	$\leq 4,0$
^a Für die Ist-Kriechstrecke gelten die festgelegten Fertigungstoleranzen (siehe IEC 62155). ^b Verhältnis der Kriechstrecke, gemessen in mm zwischen Phase und Erde über dem Effektivwert der höchsten Außenleiter-spannung U_m in kV für das Betriebsmittel (siehe IEC 60071-1). Für weitere Informationen und Fertigungstoleranzen bezüglich der Kriechstrecke siehe IEC 60815.		
ANMERKUNG 1 Es ist anerkannt, dass die Leistungsfähigkeit der Oberflächenisolierung durch die Form des Kondensators stark beeinflusst wird. ANMERKUNG 2 In Abhängigkeit von der Betriebspraxis können auf sehr wenig verschmutzten Flächen spezifische Bemessungskriechstrecken von weniger als 16 mm/kV verwendet werden. 12 mm/kV scheint ein unterer Grenzwert zu sein. ANMERKUNG 3 Bei einem Ausnahmeverschmutzungsgrad kann eine spezifische Bemessungskriechstrecke von 31 mm/kV nicht ausreichend sein. In Abhängigkeit von der Betriebspraxis und/oder von den Ergebnissen der Laborprüfung kann ein höherer Wert der spezifischen Kriechstrecke verwendet werden, wobei jedoch in einigen Fällen die praktische Durchführbarkeit einer Reinigung berücksichtigt werden muss. ANMERKUNG 4 Die Werte gelten für Isolatoren aus Porzellan. Es kommen zusammengesetzte Isolatoren vor, die eine bessere Wirkung gegen Verschmutzung aufweisen (siehe IEC 61462).		

Der Witterung ausgesetzte Niederspannungsanschlüsse müssen eine Bemessungskriechstrecke von mindestens 60 mm aufweisen.

Für Gleichspannungen sind keine Normen verfügbar; die Kriechstrecke ist zwischen Hersteller und Käufer zu vereinbaren.

6.3 Anforderungen an die elektromagnetische Ausstrahlung

6.3.1 Funkstörspannung

Diese Anforderung gilt für Betriebsmittel mit einer Höchstspannung $U_m \geq 123 \text{ kV}$, die in luftisolierten Stationen installiert werden sollen. Die Funkstörspannung darf $2\,500 \mu\text{V}$ bei $1,1 U_m/\sqrt{3}$ nicht überschreiten.

ANMERKUNG 1 Diese Anforderung wurde aufgenommen, um bestimmte Vorschriften für die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) einzuhalten.

ANMERKUNG 2 Obwohl es keine direkte Umwandlung zwischen den Mikrovolt der Funkstörspannung und den Pikocoulomb der Teilentladung gibt, wird die Prüfung für das Betriebsmittel als bestanden angenommen, wenn der Teilentladungspegel bei $1,1 U_m/\sqrt{3} \cdot 300 \text{ pC}$ nicht überschreitet.

Für Gleichstromanwendungen wird die Prüfung mit einer Wechselspannung mit 50 Hz/60 Hz durchgeführt. Die Prüfspannung wird als $1,1 U_m/\sqrt{2}$ definiert.

6.4 Mechanische Anforderungen

Freistehende Betriebsmittel müssen den in Tabelle 6 angegebenen statischen Prüflasten standhalten können.

Die angegebenen Prüflasten sollen in jede Richtung an die Primäranschlüsse aufgebracht werden.

Tabelle 6 – Statische Standprüflasten für Isolatoren

Höchstspannung für das Betriebsmittel U_m kV	Statische Standprüflast F_R [N]		
	Betriebsmittel mit:		
	Spannungsanschlüssen	Durchgangsstromanschlüssen	
		Belastungsstufe I	Belastungsstufe II
72,5 bis 100	500	1 250	2 500
123 bis 170	1 000	2 000	3 000
245 bis 362	1 250	2 500	4 000
≥ 420	1 500	4 000	5 000

ANMERKUNG 1 Diese Anforderungen gelten nicht für hängende Betriebsmittel.

ANMERKUNG 2 Die Summe der in Routinebetriebsverhältnissen auftretenden Lasten sollte 50 % der angegebenen Standprüflast nicht überschreiten.

ANMERKUNG 3 Für einige Anwendungen sollte ein Betriebsmittel mit Durchgangsstromanschlüssen selten auftretenden Stoßbelastungen standhalten (z. B. Kurzschlüsse), die das 1,4fache der statischen Prüflast nicht überschreiten.

ANMERKUNG 4 Die Aufhängung des Betriebsmittels sollte so konstruiert sein, dass sie einer Zugbeanspruchung von mindestens der Masse in Kilogramm mit einem Sicherheitsfaktor von 2,5, multipliziert mit 9,81, standhält, um die entsprechende Kraft in Newton zu erreichen.

ANMERKUNG 5 Wird das Betriebsmittel zum Halten einer TFH-Sperre verwendet, sollten zwischen Hersteller und Käufer andere Prüflasten vereinbart werden.

ANMERKUNG 6 Für einige Anwendungen kann es notwendig sein, die Verdrehfestigkeit der Primäranschlüsse nachzuweisen. Der Zeitpunkt der Durchführung dieses Nachweises während der Prüfung muss zwischen Hersteller und Käufer vereinbart werden.

6.5 Dichtheit des Betriebsmittels

Das komplette Betriebsmittel muss im gesamten Temperaturbereich, der für die zutreffende Temperaturklasse festgelegt ist, dicht sein.

6.5.1 Gasdichtheit

6.5.1.1 Allgemeines

Die folgenden Spezifikationen gelten für alle Messwandler, die Gas, ausgenommen Luft, bei Luftdruck als Isolierstoff verwenden.

6.5.1.2 Gasdruckanlagen mit geschlossenem Kreislauf

Das vom Hersteller angegebene Dichtheitsmerkmal einer geschlossenen Druckanlage muss einem Konzept für eine minimale Wartung und Inspektion entsprechen. Die Dichtheit von Gasdruckanlagen mit geschlossenem Kreislauf wird mit Hilfe der relativen Leckrate F_{rel} für jeden Teilraum bestimmt.

Der genormte Wert für SF₆ und SF₆-Gemische beträgt 0,5 % pro Jahr.

Es sind Einrichtungen vorzusehen, die eine sichere Befüllung von Gasanlagen ermöglichen, während das Betriebsmittel in Betrieb ist.

ANMERKUNG 1 Diese Werte können verwendet werden, um die Zeit T zwischen den Befüllungen außerhalb extremer Temperaturverhältnisse zu berechnen.

ANMERKUNG 2 Es können gemäß nationaler Vorschriften und regionaler Verfahrensweisen geringere Leckraten festgelegt werden.

Eine erhöhte Leckrate bei extremen Temperaturen (sofern solche Prüfungen in den betreffenden Normen gefordert sind) ist zulässig, vorausgesetzt, diese Leckrate stellt sich auf einen Wert ein, der nicht höher als der maximal zulässige Wert bei normaler Umgebungstemperatur ist. Die zeitweilig erhöhte Leckrate darf die in Tabelle 7 angegebenen Werte nicht überschreiten. Generell wird für die Anwendung eines geeigneten Prüfverfahrens auf IEC 60068-2-17 Bezug genommen.

Tabelle 7 – Zulässige zeitweilige Leckraten für Gasanlagen

Temperaturklasse [°C]	Zulässige zeitweilige Leckrate
+40 und +50	$3F_p$
Umgebungstemperatur	F_p
–5/–10/–15/–25/–40	$3F_p$
–50	$6F_p$

6.5.1.3 Geschlossene Druckanlagen

Die Dichtheit von geschlossenen Druckanlagen wird durch deren erwartete Betriebslebensdauer bestimmt. Der Hersteller muss die erwartete Betriebslebensdauer angeben. Vorzugswerte sind 20 Jahre und 30 Jahre.

6.6 Spannungsstaffelung für Gleichstromkondensatoren

Der Hersteller sollte die Gleichspannungsverteilung zwischen Kondensatorelement einer Einheit und den in Reihe geschalteten Einheiten berücksichtigen.

7 Prüfbedingungen

Sofern für eine spezielle Prüfung oder Messung nichts anderes festgelegt ist, muss die Temperatur des Kondensatordielektrikums zu Beginn der Prüfung zwischen +5 °C und +35 °C liegen und bekannt sein.

Es darf davon ausgegangen werden, dass die Temperatur des Dielektrikums mit der Umgebungstemperatur identisch ist, vorausgesetzt, der Kondensator ist für eine angemessene Zeitdauer bei einer konstanten Umgebungstemperatur in einem unerregten Zustand verblieben.

Falls eine Korrektur notwendig ist, muss die Bezugstemperatur, sofern zwischen Hersteller und Käufer nichts anderes vereinbart wurde, +20 °C betragen.

Sofern nichts anderes festgelegt ist, sind die Wechselstromprüfungen und -messungen bei einer Frequenz zwischen dem 0,8fachen und 1,2fachen Wert der Bemessungsfrequenz für Kondensatoren mit einer Bemessungsfrequenz von 50 Hz oder darüber und bei einer Frequenz zwischen 40 Hz und 72 Hz für Kondensatoren mit einer Bemessungsfrequenz von weniger als 50 Hz durchzuführen.

Die Typprüfungen sind, sofern nichts anderes festgelegt ist, an einem Kondensatorstapel durchzuführen. Die Stückprüfungen dürfen, wenn der Kondensator aus mehreren Kondensatoreinheiten besteht, an einzelnen Einheiten durchgeführt werden, wobei die erhöhte Prüfspannung (wie in 9.2 angegeben) in Betracht zu ziehen ist, damit die Ungleichmäßigkeit der Spannungsverteilung aufgrund der Kapazitätstoleranz berücksichtigt wird.

8 Klassifizierung von Prüfungen

Die in dieser Norm aufgeführten Prüfungen werden als Stückprüfungen, Typprüfungen und Sonderprüfungen eingestuft. Die Stück- und Typprüfungen müssen in der Reihenfolge wie im Flussdiagramm (siehe Bild 2) angegeben durchgeführt werden.

Die Klassifizierung ist wie folgt:

- Stückprüfung
Eine Prüfung, der jedes einzelne Betriebsmittel unterzogen wird.
- Typprüfung
Eine Prüfung, die an jedem Typ des Betriebsmittels durchgeführt wird, um nachzuweisen, dass alle Betriebsmittel nach der gleichen Spezifikation hergestellt wurden und den Anforderungen entsprechen, die nicht durch Stückprüfungen erfasst werden.

ANMERKUNG 1 Eine Typprüfung kann auch als bestanden gelten, wenn sie an einem Betriebsmittel mit geringen Abweichungen durchgeführt wurde. Solche Abweichungen sollten Gegenstand einer Vereinbarung zwischen Hersteller und Käufer sein.

ANMERKUNG 2 Die Typprüfung muss nach dem im Flussdiagramm von Bild 2 angegebenen Verfahren durchgeführt werden.
- Sonderprüfung
Eine von einer Typ- oder Stückprüfung abweichende Prüfung, die aufgrund einer Vereinbarung zwischen Hersteller und Käufer durchzuführen ist.

8.1 Stückprüfungen

Bei den folgenden Prüfungen handelt es sich um Stückprüfungen. Einzelheiten sind den zutreffenden Abschnitten zu entnehmen:

- a) Dichtheit des Betriebsmittels (9.1);
- b) Messung von Kapazität und $\tan \delta$ bei Netzfrequenz (9.2.1);
- c) Steh-Wechselspannungs- oder Steh-Gleichspannungsprüfung (9.2.2);
- d) Messung der Teilentladungen (9.2.3);

E DIN IEC 60358-1 (VDE 0560-2):2008-11

- e) Widerstandsmessung, falls der Widerstand (die Widerstände) im Betriebsmittel montiert ist (sind) (9.2.5);
- f) Steh-Wechselspannungsprüfung an Niederspannungsanschlüssen, sofern vorhanden (9.2.4).

Die Reihenfolge oder mögliche Kombination der Prüfungen ist nicht vorgeschrieben, ausgenommen die im Bild 2 markierten Prüfungen.

Wiederholungen von Wechselspannungsprüfungen sollten mit 80 % der vorgeschriebenen Prüfspannung durchgeführt werden.

8.2 Typprüfungen

Bei den folgenden Prüfungen handelt es sich um Typprüfungen.

Die elektrischen Stückprüfungen sind vor und nach der Typprüfung mit 100 % Prüfspannung durchzuführen.

Einzelheiten sind den zutreffenden Unterabschnitten zu entnehmen:

- a) Entladungsprüfung (10.1.2) für Gleichstrom-Kopplungs-/Filterkondensatoren;
- b) Prüfung der abgeschnittenen Stoßspannung für Wechselstrom-Betriebsmittel und Gleichstromteiler (10.1.2.1)
- c) Blitzstoßspannungsprüfung (10.1.3);
- d) Steh-Wechselspannungsprüfung unter Regen von Freiluft-Betriebsmitteln für Wechselspannung im Spannungsbereich $U_m < 300 \text{ kV}$ (10.2.1);
- e) Steh-Gleichspannungsprüfung unter Regen von Freiluft-Betriebsmitteln für Gleichspannung im Spannungsbereich $SIL < 750 \text{ kV}$ (Spitzenwert) (10.2.1);
- f) Schaltstoßspannungsprüfung unter Regen für den Wechselspannungsbereich $\geq 300 \text{ kV}$ (10.2.2);
- g) Schaltstoßspannungsprüfung unter Regen von Betriebsmitteln für Gleichspannung mit einem Spannungsbereich $SIL \geq 750 \text{ kV}$ (Spitzenwert) (10.2.2);
- h) EMV-Störspannungsprüfungen, sofern anwendbar (10.3);
- i) Prüfung der Umpolung für Gleichstrom-Betriebsmittel (10.4).

Die Typprüfungen können an zwei verschiedenen Einheiten durchgeführt werden; elektrische Typprüfungen müssen an der gleichen Einheit durchgeführt werden.

Die Kapazität C einer Einheit, eines Stapels, eines Kopplungskondensators oder eines kapazitiven Teilers darf während eines Prüfablaufs um nicht mehr als $\frac{\Delta C}{C} \leq \frac{1}{n} = \frac{C}{C_0}$ geändert werden (6.2.5).

Das Protokoll der Typprüfung muss die Ergebnisse der Stückprüfungen enthalten.

ANMERKUNG 1 ΔC ist die gemessene Veränderung der Kapazität C .

ANMERKUNG 2 Die Reihenfolge des Prüfablaufs (Bild 2) kann mittels Vereinbarung zwischen Hersteller und Käufer geändert werden.

8.3 Sonderprüfungen

Bei den folgenden Prüfungen handelt es sich um Sonderprüfungen. Einzelheiten sind den zutreffenden Abschnitten zu entnehmen:

- a) Prüfung der mechanischen Festigkeit (11.1);
- b) Prüfung des Betriebsmittels.