

	DIN EN 60270 (VDE 0434)	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 17.220.20 Ersatz für DIN EN 60270 (VDE 0434):2001-08 und DIN EN 60270 Berichtigung 1 (VDE 0434 Berichtigung 1):2002-11 Siehe Anwendungsbeginn Hochspannungs-Prüftechnik – Teilentladungsmessungen (IEC 60270:2000 + Cor.:2001 + A1:2015); Deutsche Fassung EN 60270:2001 + A1:2016 High-voltage test techniques – Partial discharge measurements (IEC 60270:2000 + Cor.:2001 + A1:2015); German version EN 60270:2001 + A1:2016 Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles (IEC 60270:2000 + Cor.:2001 + A1:2015); Version allemande EN 60270:2001 + A1:2016 Gesamtumfang 61 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE		

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2000-12-01 angenommene Europäische Norm und die am 2016-01-01 angenommene Änderung A1 als DIN-Norm ist 2016-11-01.

Für **DIN EN 60270 (VDE 0434):2001-08** und **DIN EN 60270 Berichtigung 1 (VDE 0434 Berichtigung 1): 2002-11** besteht eine Übergangsfrist bis 2019-01-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 60270/A1 (VDE 0434/A1):2011-01.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 124 „Hochspannungs- und Hochstrom-Prüftechnik“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 42 „High-voltage and high-current test techniques“ erarbeitet.

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

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

Das Corrigendum 1:2001 von IEC wurde eingearbeitet und mit einem senkrechten Strich am linken Seitenrand gekennzeichnet.

Die Änderung A1 wurde eingearbeitet und durch einen senkrechten Strich und A1 am linken Seitenrand gekennzeichnet.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 60270 (VDE 0434):2001-08** und **DIN EN 60270 Berichtigung 1 (VDE 0434 Berichtigung 1):2002-11** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Änderungen und Ergänzungen von Definitionen;
- b) Anforderungen an Kalibratoren festgelegt;
- c) die Deutsche Fassung wurde in den **Abschnitten 2 und 3** und im **Anhang ZA** an die aktuellen Standardtexte angepasst.

Frühere Ausgaben

VDE 0434-1: 1966-01

VDE 0434-2: 1966-01

DIN 57434 (VDE 0434): 1983-05

DIN EN 60270 (VDE 0434): 2001-08

DIN EN 60270 Berichtigung 1 (VDE 0434 Berichtigung 1): 2002-11

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Dokumenten

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

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

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden Deutschen Dokumenten ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60060-1	IEC 60060-1	DIN EN 60060-1 (VDE 0432-1)	VDE 0432-1
EN 60060-2:1994 ersetzt durch:	IEC 60060-2:1994 ersetzt durch:	DIN EN 60060-2 (VDE 0432-2):1996-03 ersetzt durch:	VDE 0432-2
EN 60060-2:2011	IEC 60060-2:2010	DIN EN 60060-2 (VDE 0432-2):2011-10	VDE 0432-2
EN 60567:1992 ersetzt durch:	IEC 60567:1992 ersetzt durch:	DIN EN 60567 (VDE 0370-9):1994-06 ersetzt durch:	VDE 0370-9
EN 60567:2011	IEC 60567:2011	DIN EN 60567 (VDE 0370-9):2012-08	VDE 0370-9
EN 60599:1999 + A1:2007	IEC 60599:1999 + A1:2007	DIN EN 60599 (VDE 0370-7):2008-02	VDE 0370-7
EN 61181:1993 ersetzt durch:	IEC 61181:1993 ersetzt durch:	DIN EN 61181 (VDE 0370-13):1994-08 ersetzt durch:	VDE 0370-13
EN 61181:2007 + A1:2012	IEC 61181:2007 + A1:2012	DIN EN 61181 (VDE 0370-13):2012-11	VDE 0370-13
–	CISPR 16-1:1993 ersetzt durch:	–	–
EN 55016-1-1:2010 + A1:2010 + A2:2014	CISPR 16-1-1:2010 ^a + A1:2010 + A2:2014	DIN EN 55016-1-1 (VDE 0876-16-1-1):2015-05	VDE 0876-16-1-1
EN 55016-1-2:2014	CISPR 16-1-2:2014	DIN EN 55016-1-2 (VDE 0876-16-1-2):2015-02	VDE 0876-16-1-2
EN 55016-1-3:2006	CISPR 16-1-3:2004 + Cor.1:2006	DIN EN 55016-1-3 (VDE 0876-16-1-3):2007-05	VDE 0876-16-1-3
EN 55016-1-4:2010 + A1:2012	CISPR 16-1-4:2010 + Cor.1:2010 + A1:2012	DIN EN 55016-1-4 (VDE 0876-16-1-4):2013-05	VDE 0876-16-1-4
EN 55016-1-5:2015	CISPR 16-1-5:2014	DIN EN 55016-1-5 (VDE 0876-16-1-5):2015-11	VDE 0876-16-1-5

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 55016-1-1 (VDE 0876-16-1-1):2015-05, Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 1-1: Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Messgeräte (CISPR 16-1-1:2010 + A1:2010 + A2:2014); Deutsche Fassung EN 55016-1-1:2010 + A1:2010 + A2:2014

DIN EN 55016-1-2 (VDE 0876-16-1-2):2015-02, Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 1-2: Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Koppeleinrichtungen zur Messung der leitungsgeführten Störaussendung (CISPR 16-1-2:2014); Deutsche Fassung EN 55016-1-2:2014

DIN EN 55016-1-3 (VDE 0876-16-1-3):2007-05, Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 1-3: Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Zusatz-/Hilfseinrichtungen – Störleistungsmessung (IEC/CISPR 16-1-3:2004 + Corrigendum 1: Februar 2006); Deutsche Fassung EN 55016-1-3:2006

DIN EN 55016-1-4 (VDE 0876-16-1-4):2013-05, Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 1-4: Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Antennen und Messplätze für Messungen der gestrahlten Störaussendung (CISPR 16-1-4:2010 + Cor. 1:2010 + A1:2012); Deutsche Fassung EN 55016-1-4:2010 + A1:2012

DIN EN 55016-1-5 (VDE 0876-16-1-5):2015-11, Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 1-5: Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Messplätze für die Antennenkalibrierung und Referenz-Messplätze für den Frequenzbereich von 5 MHz bis 18 GHz (CISPR 16-1-5:2014); Deutsche Fassung EN 55016-1-5:2015

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

DIN EN 60060-2 (VDE 0432-2):2011-10, Hochspannungs-Prüftechnik – Teil 2: Messsysteme (IEC 60060-2:2010); Deutsche Fassung EN 60060-2:2011

DIN EN 60567 (VDE 0370-9):2012-08, Ölgefüllte elektrische Betriebsmittel – Probennahme von Gasen und Analyse freier und gelöster Gase – Anleitung (IEC 60567:2011); Deutsche Fassung EN 60567:2011

DIN EN 60599 (VDE 0370-7):2008-02, In Betrieb befindliche, mit Mineralöl imprägnierte elektrische Geräte – Leitfaden zur Interpretation der Analyse gelöster und freier Gase (IEC 60599:1999 + A1:2007); Deutsche Fassung EN 60599:1999 + A1:2007

DIN EN 61181 (VDE 0370-13):2012-11, Mineralölgefüllte elektrische Betriebsmittel – Anwendung der Gasanalyse für gelöste Gase (DGA) auf Werkprüfungen von elektrischen Betriebsmitteln (IEC 61181:2007 + A1:2012); Deutsche Fassung EN 61181:2007 + A1:2012

**Hochspannungs-Prüftechnik –
Teilentladungsmessungen**
(IEC 60270:2000 + A1:2015)

High-voltage test techniques –
Partial discharge measurements
(IEC 60270:2000 + A1:2015)

Techniques des essais à haute tension –
Mesures des décharges partielles
(IEC 60270:2000 + A1:2015)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2000-12-01 und die A1 am 2016-01-01 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC Management Centre oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2016 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 60270:2001 + A1:2016 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 42/162/FDIS, zukünftige 3. Ausgabe von IEC 60270, ausgearbeitet von dem IEC/TC 42 „High-voltage testing techniques“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2000-12-01 als EN 60270 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2001-10-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2003-12-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norm-Inhalt.

Anhänge, die als „informativ“ bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.

In dieser Norm sind die [Anhänge A](#) und [ZA](#) normativ und die [Anhänge B bis G](#) informativ.

Der [Anhang ZA](#) wurde von CENELEC hinzugefügt.

Wörter, die im Text in **Fettdruck**^{N1)} erscheinen, sind im [Abschnitt 3](#) definiert.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60270:2000 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Europäisches Vorwort zu A1

Der Text des Dokuments 42/338/FDIS, zukünftige IEC 60270:2000/A1, erarbeitet vom IEC/TC 42 „High-voltage testing techniques“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN 60270:2001/A1:2016 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2016-10-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2019-01-01

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC [und/oder CEN] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60270:2000/A1:2015 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

^{N1)} Nationale Fußnote: In der vorliegenden Deutschen Fassung wurde auf den Fettdruck verzichtet.

Inhalt

Seite

Vorwort	2
Europäisches Vorwort zu A1	2
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Prüfkreise und Messsysteme	12
4.1 Allgemeine Anforderungen	12
4.2 Prüfkreise für Wechselspannungen	12
4.3 Messsysteme für die scheinbare Ladung	12
4.3.1 Allgemeines	12
4.3.2 Koppeleinheit	13
4.3.3 Impulsfolgeantwort für Geräte zur Messung der scheinbaren Ladung	13
4.3.4 Breitband-TE-Messgeräte	14
4.3.5 Breitband-TE-Messgeräte mit aktivem Integrator	14
4.3.6 Schmalband-TE-Messgeräte	15
4.4 Anforderungen für Messungen mit digitalen TE-Messgeräten	15
4.4.1 Anforderungen für die Messung der scheinbaren Ladung q	15
4.4.2 Anforderungen für das Messen der Prüfspannung und der Phase	16
4.5 Messsysteme für abgeleitete Größen	16
4.5.1 Koppeleinheit	16
4.5.2 Messgeräte für das Messen der Impulswiederholrate n	16
4.5.3 Messgeräte für das Messen des mittleren Entladungsstromes I	16
4.5.4 Messgeräte für das Messen der Entladungsleistung P	16
4.5.5 Messgeräte für das Messen der quadratischen Ladungsgröße D	17
4.5.6 Messgeräte für das Messen der Funkstörspannung	17
4.6 Ultrabreitbandgeräte zur TE-Detektion	17
5 Kalibrierung	17
5.1 Allgemeines	17
5.2 Kalibrierverfahren	18
6 Kalibratoren	18
6.1 Allgemeines	18
6.2 Kalibratoren zur Kalibrierung eines Messsystems im vollständigen Prüfkreis	20
6.3 Kalibratoren für Eignungsprüfungen von Messsystemen	20
7 Aufrechterhaltung der Eigenschaften des Kalibrators und des Messsystems	20
7.1 Zeitplan für Prüfungen	21
7.2 Aufrechterhaltung der Eigenschaften des Kalibrators	21
7.2.1 Typprüfungen von Kalibratoren	21

7.2.2	Stückprüfungen von Kalibratoren	21
7.2.3	Eignungsprüfungen von Kalibratoren	21
7.2.4	Kontrollmessungen von Kalibratoren	21
7.2.5	Identifikationsakte	22
7.3	Aufrechterhaltung der Eigenschaften von Messsystemen	22
7.3.1	Typprüfungen von TE-Messsystemen	22
7.3.2	Stückprüfungen von Messsystemen	23
7.3.3	Eignungsprüfungen von Messsystemen	23
7.3.4	Kontrollmessungen von Messsystemen	23
7.3.5	Kontrollen für zusätzliche Fähigkeiten von digitalen Messsystemen	24
7.3.6	Identifikationsakte	24
8	Prüfungen	25
8.1	Allgemeine Anforderungen	25
8.2	Vorbehandlung des Prüflings	25
8.3	Wahl des Prüfverfahrens	25
8.3.1	Bestimmung der Teilentladungseinsetzspannung und der Teilentladungsaussetzspannung	26
8.3.2	Bestimmung der Teilentladungsstärke bei einer festgelegten Prüfspannung	26
9	Messunsicherheit und -empfindlichkeit	26
10	Störungen	26
11	Teilentladungsmessungen während Prüfungen mit Gleichspannung	26
11.1	Allgemeines	26
11.2	TE-Kenngrößen	26
11.3	Spannungen in Zusammenhang mit Teilentladungen	26
11.3.1	Teilentladungseinsetzspannungen und Teilentladungsaussetzspannungen	26
11.3.2	Teilentladungsprüfspannung	26
11.4	Prüfkreise und Messsysteme	26
11.5	Prüfungen	26
11.5.1	Wahl der Prüfverfahren	26
11.5.2	Störungen	26
Anhang A (normativ)	Eignungsprüfung eines Kalibrators	26
Anhang B (informativ)	Prüfkreise	26
Anhang C (informativ)	Messungen an Kabeln, gasisolierten Schaltanlagen, Leistungskondensatoren und an Prüflingen mit Windungen	26
Anhang D (informativ)	Die Verwendung von Funkstörmessgeräten zur Erfassung von Teilentladungen	26
Anhang E (informativ)	TE-Messgeräte	26
Anhang F (informativ)	Nicht-elektrische Verfahren zur TE-Feststellung	26
Anhang G (informativ)	Störungen	26
Anhang H (informativ)	Auswertung der TE-Prüfungsergebnisse bei Gleichspannung	26

Literaturhinweise	26
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	26

Bilder

Bild 1 – Grundlegende Teilentladungsprüfkreise	26
Bild 2 – Prüfkreis zur Messung am Abgriff einer Durchführung	26
Bild 3 – Prüfkreis zur Messung an selbsterregten Prüflingen.....	26
Bild 4 – Anschlussmöglichkeiten zur Kalibrierung des vollständigen Prüfkreises.....	26
Bild 5 – Richtiger Zusammenhang der Amplitudenfrequenzspektren, gezeigt am Beispiel eines Breitbandsystems	26
Bild 6 – Sprungspannungsparameter eines Kalibrators.....	26
Bild A.1 – Kalibrierung von Impulskalibratoren.....	26
Bild A.2 – Anordnung für die Eignungsprüfung von Kalibratoren bei Anwendung der numerischen Integration	26
Bild A.3 – Anordnung für die Eignungsprüfung von Kalibratoren bei Anwendung des Sprungantwortverfahrens.....	26
Bild A.4 – Einfluss des Reihenwiderstandes R_s auf die Sprungantwort über C_m bei Verwendung der Schaltung nach Bild A.3, in der das Oszilloskop mit dem Kalibrator über ein 50- Ω -Messkabel von 1 m Länge verbunden ist.....	26
Bild D.1 – Abweichung des Ablesewerts $f(N)$ eines CISPR-Störspannungsmessgerätes in Abhängigkeit von der Wiederholfrequenz N für Impulse gleicher Ladung.....	26
Bild E.1 – Ausgangsspannungssignale U_{out} von zwei unterschiedlichen TE-Messsystemen für die scheinbare Ladung (Doppelimpuls).....	26
Bild E.2 – Blockschaltbild eines analogen TE-Gerätes mit einem elektronischen Integrator	26
Bild E.3 – Blockschaltbild für digitale TE-Geräte.....	26
Bild E.4 – Beispiel eines phasenaufgelösten TE-Musters.....	26
Bild H.1 – Darstellungsarten der scheinbaren Impulse in Abhängigkeit von der Messzeit.....	26
Bild H.2 – Histogramme der TE-Impulszahl m in Abhängigkeit von den Bereichen der scheinbaren Ladung	26

Tabellen

Tabelle 1 – Impulsfolgeantwort von TE-Messgeräten	13
Tabelle 2 – Für Kalibratoren erforderliche Prüfungen	22
Tabelle 3 – Für Messsysteme erforderliche Prüfungen	24

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm behandelt die Messung von Teilentladungen, die in elektrischen Betriebsmitteln, Komponenten oder Isolationssystemen auftreten, wenn diese mit Wechselspannungen bis zu 400 Hz oder mit Gleichspannung geprüft werden.

Diese Norm

- definiert die verwendeten Begriffe;
- definiert die zu messenden Größen;
- beschreibt Prüf- und Messkreise, die benutzt werden dürfen;
- definiert analoge und digitale Messverfahren, die für allgemeine Anwendungen benötigt werden;
- legt Verfahren für die Kalibrierung und Anforderungen für Geräte fest, die zur Kalibrierung verwendet werden;
- gibt Anleitungen zu Prüfverfahren;
- gibt einige Hilfestellungen hinsichtlich der Unterscheidung von Teilentladungen und äußeren Störungen.

Die Anforderungen dieser Norm sollten bei der Erstellung von Spezifikationen angewendet werden, die in Zusammenhang mit Teilentladungsmessungen an bestimmten energietechnischen Einrichtungen stehen. Diese Norm behandelt elektrische Messungen von impulsartigen (kurz andauernden) Teilentladungen, es wird aber auch auf nicht-elektrische Verfahren verwiesen, die in erster Linie zur Teilentladungsfeststellung und -ortung eingesetzt werden (siehe [Anhang F](#)).

Die Diagnose des Verhaltens von bestimmten energietechnischen Einrichtungen kann durch digitale Verarbeitung von Teilentladungsmessungen (siehe [Anhang E](#)) und durch nicht-elektrische Verfahren, die hauptsächlich für die Teilentladungsfeststellung und -ortung eingesetzt werden (siehe [Anhang F](#)), unterstützt werden.

In dieser Norm geht es hauptsächlich um elektrische Messungen von Teilentladungen bei Prüfungen mit Wechselspannungen; es werden aber besondere Probleme, die bei Prüfungen mit Gleichspannung auftreten können, in [Abschnitt 11](#) behandelt.

Die Begriffe, die Definitionen, die grundlegenden Prüfkreise und Verfahren treffen oft auch für Prüfungen mit anderen Frequenzen zu, es können aber besondere Prüfverfahren und Messsystemcharakteristiken erforderlich sein, die in dieser Norm nicht berücksichtigt sind.

[Anhang A](#) beinhaltet normative Anforderungen für Eignungsprüfungen von Kalibratoren.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

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

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

CISPR 16-1:1993, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Teilentladung

TE

örtlich beschränkte elektrische Entladung, welche die Isolierung zwischen Leitern nur teilweise überbrückt und welche angrenzend an einem Leiter auftreten kann, aber nicht muss

Anmerkung 1 zum Begriff: Teilentladungen sind im Allgemeinen eine Folge einer örtlichen Feldstärkeüberhöhung in der Isolierung oder auf der Oberfläche der Isolierung. Solche Entladungen erscheinen im Allgemeinen als Impulse, die eine Dauer von sehr viel weniger als 1 μ s haben. Kontinuierlichere Erscheinungsformen können jedoch auch auftreten, wie z. B. die sogenannten pulslosen Glimm- oder Pseudoglimmentladungen in gasförmigen Dielektrika. Diese Art von Entladungen wird üblicherweise mit den Messverfahren, die in dieser Norm beschrieben sind, nicht erfasst.

Anmerkung 2 zum Begriff: „Korona“ ist eine Form von Teilentladungen, die in gasförmigen Medien um Leiter auftritt, die weit weg von fester oder flüssiger Isolierung sind. „Korona“ sollte nicht als ein allgemeiner Ausdruck für alle Formen von TE verwendet werden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Teilentladungen sind oft durch die Aussendung von Schall, Licht, Wärme und chemischen Reaktionen begleitet. Weitere Informationen siehe [Anhang F](#).

3.2

Teilentladungsimpuls

TE-Impuls

Strom- oder Spannungsimpuls, der von einer Teilentladung des Prüflings herrührt. Der Impuls wird mittels eines geeigneten Detektorkreises gemessen, der in den Prüfkreis zum Prüfzweck eingebracht wird.

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Teilentladung, die in einem Prüfling auftritt, erzeugt einen Stromimpuls. Ein Detektor in Übereinstimmung mit den Vorgaben dieser Norm erzeugt ein Strom- oder Spannungssignal an seinem Ausgang, das proportional zur Ladung des Stromimpulses an seinem Eingang ist.

3.3 Größen in Zusammenhang mit Teilentladungsimpulsen

3.3.1

scheinbare Ladung

q

eines Teilentladungsimpulses ist die Ladung, die, wenn sie innerhalb einer sehr kurzen Zeit zwischen den Anschlüssen des Prüfobjekts in einen festgelegten Prüfkreis eingespeist wird, dieselbe Anzeige auf dem Messgerät geben würde wie der TE-Impuls selbst. Die scheinbare Ladung wird gewöhnlich in Picocoulomb (pC) ausgedrückt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die scheinbare Ladung ist nicht gleich der Menge der Ladung, die an der Stelle der Teilentladung örtlich umgesetzt wird und die nicht direkt gemessen werden kann.

3.3.2

Impulswiederholrate

n

Verhältnis zwischen allen aufgezeichneten TE-Impulsen in einem gewählten Zeitintervall und der Dauer dieses Zeitintervalls

Anmerkung 1 zum Begriff: In der Praxis werden Impulse nur oberhalb eines festgelegten Werts oder innerhalb eines festgelegten Wertebereichs berücksichtigt.

3.3.3

Impulswiederholfrequenz

N

Anzahl von Teilentladungsimpulsen je Sekunde, im Falle von äquidistanten Impulsen

Anmerkung 1 zum Begriff: Impulswiederholfrequenz N wird in Verbindung mit der Kalibrierprozedur gebraucht.

3.3.4

Phasenwinkel ϕ_1 und Zeit t_i des Auftretens eines TE-Impulses

sind festgelegt durch

$$\phi_1 = 360(t_i/T)$$

wobei t_i die Zeit zwischen dem Nulldurchgang der ins Positive gehenden Prüfspannung und dem Teilentladungsimpuls und T die Periodendauer der Prüfspannung ist.

Der Phasenwinkel wird in Grad (°) ausgedrückt.

3.3.5

mittlerer Entladungsstrom

I

abgeleitete Größe, die die Summe der Absolutwerte von einzelnen scheinbaren Ladungswerten q_i während eines gewählten Referenzzeitabschnitts T_{ref} dividiert durch diesen Zeitabschnitt ist

$$I = \frac{1}{T_{\text{ref}}} (|q_1| + |q_2| + \dots + |q_i|)$$

Der mittlere Entladungsstrom wird im Allgemeinen in Coulomb je Sekunde (C/s) oder in Ampere (A) ausgedrückt.

3.3.6

Entladungsleistung

P

abgeleitete Größe, die die mittlere Impulsleistung ist, die als Folge der einzelnen scheinbaren Ladungswerte q_i während eines gewählten Referenzzeitabschnitts T_{ref} in die Anschlussklemmen des Prüfobjektes eingespeist wird

$$P = \frac{1}{T_{\text{ref}}} (q_1 u_1 + q_2 u_2 + \dots + q_i u_i)$$

wobei $u_1, u_2 \dots u_i$ die Momentanwerte der Prüfspannung zum Zeitpunkt des Auftretens t_i der einzelnen scheinbaren Ladungen q_i sind. Die Vorzeichen der einzelnen Werte müssen beachtet werden.

Die Entladungsleistung wird im Allgemeinen in Watt (W) ausgedrückt.

3.3.7

quadratische Ladungsgröße

D

abgeleitete Größe, die die Summe der Quadrate der scheinbaren Ladungswerte q_i während eines gewählten Referenzzeitabschnitts T_{ref} dividiert durch diesen Zeitabschnitt ist

$$D = \frac{1}{T_{\text{ref}}} (q_1^2 + q_2^2 + \dots + q_m^2)$$

Die quadratische Ladungsgröße wird im Allgemeinen in Coulomb² je Sekunde (C²/s) ausgedrückt.

3.3.8

Funkstörmessgerät

Quasispitzenwert-Messempfänger für das Frequenzband B in Übereinstimmung mit den Vorgaben von CISPR 16-1:1993

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Art von Messgeräten wurde früher Störspannungsmessgeräte genannt.

3.3.9

Funkstörspannung

U_{RDV}

abgeleitete Größe, die die Anzeige eines Funkstörmessgeräts ist, wenn dieses zur Anzeige der scheinbaren Ladung q einer Teilentladung benutzt wird. Für weitere Informationen siehe 4.5.6 und [Anhang D](#).

Die Funkstörspannung U_{RDV} wird im Allgemeinen in μV ausgedrückt.

3.4

größte wiederholt auftretende Teilentladungsstärke

größte Stärke, die von einem Messsystem aufgezeichnet wird, das eine Impulsfolgeantwort wie in 4.3.3 festgelegt hat

Der Begriff der größten wiederholt auftretenden TE-Stärke ist nicht auf Prüfungen mit Gleichspannung anwendbar.

3.5

festgelegte Teilentladungsstärke

größter Wert einer jeden zu TE-Impulsen in Beziehung stehenden Größe, die in einem Prüfling bei einer festgelegten Spannung, nach festgelegter Vorbehandlung und Prüfverfahren, zulässig ist. Bei Wechselspannungsprüfungen ist der festgelegte Wert der scheinbaren Ladung q die größte wiederholt auftretende TE-Stärke.

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Höhe einer jeden TE-Impulsgröße kann in aufeinanderfolgenden Perioden statistisch schwanken und kann auch ein allgemeines Anwachsen oder Abfallen mit der Zeitdauer der Spannungsbeanspruchung zeigen. Die festgelegte Teilentladungsstärke, das Prüfverfahren und auch der Prüfkreis sowie Messgeräte müssen deshalb vom zuständigen Technischen Komitee entsprechend definiert sein.

3.6

Grundstörungen

Signale, die während einer TE-Prüfung erfasst werden, und die nicht vom Prüfling herrühren

Anmerkung 1 zum Begriff: Grundstörungen können entweder aus weißem Rauschen im Messsystem, Funksendern oder anderen kontinuierlichen oder impulsartigen Signalen zusammengesetzt sein. Weitere Informationen siehe [Anhang G](#).

3.7 Angelegte Spannungen in Bezug zu Teilentladungsimpulsgrößen

Wie in [IEC 60060-1](#) festgelegt. Die folgenden Spannungspegel sind von besonderem Interesse.

3.7.1

Teilentladungseinsetzspannung

U_i

angelegte Spannung, bei der wiederholt auftretende Teilentladungen zum ersten Mal am Prüfobjekt beobachtet werden, wenn die an den Prüfling angelegte Spannung allmählich von einem geringeren Wert, bei dem noch keine Teilentladungen beobachtet werden, gesteigert wird

In der Praxis ist die Einsetzspannung U_i die niedrigste Spannung, bei der die Amplitude einer gewählten TE-Impulsgröße gleich oder größer einem festgelegten niedrigen Wert wird.

Anmerkung 1 zum Begriff: Für Prüfungen mit Gleichspannung sind für die Bestimmung von U_i besondere Festlegungen erforderlich. Siehe [Abschnitt 11](#).

3.7.2

Teilentladungsaussetzspannung

U_e

angelegte Spannung, bei der wiederholt auftretende Teilentladungen im Prüfobjekt aufhören aufzutreten, wenn die an den Prüfling angelegte Spannung allmählich von einem höheren Wert, bei dem TE-Impulsgrößen beobachtet werden, abgesenkt wird

In der Praxis ist die Aussetzspannung U_e die niedrigste Spannung, bei der die Amplitude einer gewählten TE-Impulsgröße gleich oder kleiner einem festgelegten niedrigen Wert wird.

Anmerkung 1 zum Begriff: Für Prüfungen mit Gleichspannung sind für die Bestimmung von U_e besondere Festlegungen erforderlich. Siehe [Abschnitt 11](#).

3.7.3

Teilentladungsprüfspannung

festgelegte Spannung, die nach einem festgelegten Teilentladungsprüfverfahren angelegt wird, bei dem am Prüfling keine TE-Impulse auftreten sollten, die über eine festgelegte Teilentladungsstärke hinausgehen

3.8

Teilentladungsmesssystem

System, bestehend aus einer Koppereinheit, einem Übertragungssystem und einem Messgerät

3.9 Eigenschaften des Messsystems

Die folgenden Definitionen beziehen sich auf Messsysteme, wie in [4.3](#) festgelegt.

3.9.1

Transferimpedanz

$Z(f)$

Verhältnis der Ausgangsspannungsamplitude zu einer konstanten Eingangsstromamplitude als eine Funktion der Frequenz f , wenn das Eingangssignal sinusförmig ist

3.9.2

untere und obere Grenzfrequenzen f_1 und f_2

Frequenzen, bei denen die Transferimpedanz $Z(f)$ gegenüber dem Scheitelwert des Bandpasswertes um 6 dB gefallen ist

3.9.3

Bandmittenfrequenz f_m und Bandbreite Δf

für alle Arten von Messsystemen ist die Bandmittenfrequenz definiert durch

$$f_m = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

und ist die Bandbreite definiert durch

$$\Delta f = f_2 - f_1$$

3.9.4

Überlagerungsfehler

verursacht durch das Überlappen der transienten Ausgangsimpulsantwort für den Fall, dass der Zeitbereich zwischen den Eingangsstromimpulsen kleiner als die Dauer eines einzelnen Ausgangsantwortimpulses ist. Überlagerungsfehler können in Abhängigkeit von der Impulswiederholrate des Eingangsimpulses^{N2)} additiv oder subtraktiv sein. In praktischen Prüfkreisen wird beides auf Grund der zufälligen Natur der Eingangsimpulse auftreten. Da jedoch die Messungen auf der größten wiederholt auftretenden TE-Stärke aufbauen, werden gewöhnlich nur additive Überlagerungsfehler gemessen werden.

Anmerkung 1 zum Begriff: Überlagerungsfehler können in Abhängigkeit von der zeitlichen Aufeinanderfolge von Eingangsimpulsen und den Eigenschaften des Messsystems Pegel von 100 % oder mehr erreichen.

3.9.5

Impulsauflösezeit

T_r

kürzester Zeitabstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Eingangsimpulsen von sehr kurzer Dauer derselben Form, Polarität und Ladungsgröße, bei dem sich der Scheitelwert der sich einstellenden Antwort als Folge der zwei Impulse im Vergleich zu einem einzelnen Stromimpuls um nicht mehr als 10 % ändern wird

Die Impulsauflösezeit ist im Allgemeinen umgekehrt proportional zu der Bandbreite Δf des Messsystems. Sie ist ein Maß für die Fähigkeit des Messsystems, aufeinanderfolgende TE-Ereignisse aufzulösen.

Anmerkung 1 zum Begriff: Es wird empfohlen, die Impulsauflösezeit für den gesamten Prüfkreis zu messen sowie für das Messsystem, da Überlagerungsfehler vom Prüfling verursacht werden können, z. B. Reflexionen von Kabelenden. Die zuständigen Technischen Komitees sollten das Verfahren für die Behandlung von Überlagerungsfehlern und insbesondere die zulässigen Abweichungen, einschließlich ihrer Vorzeichen, festlegen.

3.9.6

Integrationsfehler

Fehler in der Messung der scheinbaren Ladung, der auftritt, wenn die obere Frequenzgrenze des Amplitudenspektrums des TE-Stromimpulses kleiner ist als

- die obere Grenzfrequenz eines Breitbandmesssystems oder
- die Bandmittenfrequenz eines Schmalbandmesssystems.

Siehe Bild 5.

Anmerkung 1 zum Begriff: Um den Integrationsfehler zu minimieren, werden die zuständigen Technischen Komitees aufgefordert, einschränkende Werte für f_1 und f_2 festzulegen, wenn es für besondere Arten von Betriebsmitteln erforderlich ist.

3.10

digitale Teilentladungsgeräte

Geräte, die eine digitale Erfassung und Auswertung von TE-Signalen ausführen

A1 Anmerkung 1 zum Begriff: Die A/D-Wandlung von TE-Impulsen, die an den Anschlüssen des Prüfobjektes erfasst werden, kann unmittelbar erfolgen oder nach Bildung der scheinbaren Ladungsimpulse, indem entweder ein analoger Bandpassfilter oder ein aktiver Integrator verwendet wird (siehe Anhang E).

3.11

Maßstabsfaktor

k

Faktor, mit dem der Ablesewert eines Messgeräts multipliziert werden muss, um den Wert der Eingangsgröße zu erhalten (IEC 60060-2:1994, 3.5.1)

^{N2)} Nationale Fußnote: Anmerkung zu 3.9.4: Im zweiten Satz muss „Impulswiederholrate des Eingangsimpulses“ ersetzt werden durch „zeitliche Aufeinanderfolge von Eingangsimpulsen“. Der Satz lautet dann wie folgt: Überlagerungsfehler können in Abhängigkeit der zeitlichen Aufeinanderfolge von Eingangsimpulsen additiv oder subtraktiv sein.

3.12

akkumulierte scheinbare Ladung

q_a

Summe der scheinbaren Ladung q aller einzelnen Impulse, die einen festgelegten Grenzwert überschreiten und während eines festgelegten Zeitraumes Δt auftreten

3.13

TE-Impulszahl

m

Gesamtzahl von TE-Impulsen, die einen festgelegten Grenzwert während eines festgelegten Zeitraumes Δt überschreiten

3.14

TE-Muster

Darstellung der scheinbaren Ladung q der während eines festgelegten Zeitraumes Δt aufgezeichneten TE-Impulse über der Phasenlage φ

4 Prüfkreise und Messsysteme

4.1 Allgemeine Anforderungen

In diesem Abschnitt werden grundlegende Prüfkreise und Messsysteme für Teilentladungsgrößen beschrieben, und es werden Informationen über das Funktionsprinzip dieser Kreise und Systeme gegeben. Der Prüfkreis und das Messsystem müssen wie in [Abschnitt 5](#) festgelegt kalibriert sein und sie müssen die Anforderungen erfüllen, die in [Abschnitt 7](#) festgelegt sind. Das Technische Komitee kann auch für besondere Prüflinge einen besonderen Prüfkreis zur Anwendung empfehlen. Es ist empfohlen, dass Technische Komitees wo immer möglich die scheinbare Ladung als Messgröße anwenden, es können aber in besonderen Fällen auch andere Größen benutzt werden.

Falls nicht anders vom zuständigen Technischen Komitee festgelegt, ist jeder der in 4.2 genannten Prüfkreise und jedes der in 4.3 festgelegten Messsysteme annehmbar. In jedem Fall müssen die wichtigsten Eigenschaften des verwendeten Messsystems (f_1, f_2, T_r , siehe [3.9.2](#) und [3.9.5](#)) aufgezeichnet werden.

Für Prüfungen mit Gleichspannung siehe [Abschnitt 11](#).

4.2 Prüfkreise für Wechselspannungen

Die meisten Prüfkreise, die zur Teilentladungsmessung verwendet werden, können von dem einen oder anderen der Grundkreise abgeleitet werden, die in den [Bildern 1a bis 1d](#) gezeigt sind. Einige Abwandlungen dieser Kreise sind in den [Bildern 2 und 3](#) dargestellt. Jeder dieser Kreise besteht im Wesentlichen aus:

- einem Prüfling, der gewöhnlich als Kondensator C_a betrachtet werden kann (siehe jedoch [Anhang C](#));
- einem Koppelkondensator C_k , der niederinduktiv aufgebaut sein muss, oder einem zweiten Prüfling C_{a1} , der ähnlich dem Prüfling C_a sein muss. C_k oder C_{a1} sollten einen hinreichend geringen Teilentladungspegel bei der festgelegten Prüfspannung aufweisen, um die Messung der festgelegten Teilentladungsstärke zu ermöglichen. Ein höherer Pegel von Teilentladungen kann zugelassen werden, wenn das Messsystem fähig ist, die Entladungen des Prüflings und die des Koppelkondensators voneinander zu trennen und diese getrennt zu messen;
- einem Messsystem mit seiner Eingangsimpedanz (und manchmal, für Brückenschaltungen, einer zweiten Eingangsimpedanz);
- einer Hochspannungsquelle mit ausreichend geringem Grundstöörpegel (siehe auch [Abschnitte 9 und 10](#)), um die festgelegte Teilentladungsstärke bei der festgelegten Prüfspannung messen zu können;
- Hochspannungsverbindungen mit ausreichend geringem Grundstöörpegel (siehe auch [Abschnitte 9 und 10](#)), um die festgelegte Teilentladungsstärke bei der festgelegten Prüfspannung messen zu können;

- einer Impedanz oder einem Filter, die hochspannungsseitig eingebracht werden können, um die Grundstörungen von der Energieversorgung zu verkleinern.

ANMERKUNG Für jeden der grundlegenden TE-Prüfkreise, die in den [Bildern 1](#) und [3](#) gezeigt werden, kann die Koppereinheit auch hochspannungsseitig angeordnet sein, so dass die Lage der Koppereinheit mit der von C_a oder C_k vertauscht ist; in diesem Fall werden zur Verbindung der Koppereinheit mit dem Messgerät Lichtwellenleiterstrecken verwendet, wie in [Bild 1a](#) angedeutet.

Zusätzliche Informationen und besondere Eigenschaften der unterschiedlichen Prüfkreise werden in den Anhängen B und G erörtert.

4.3 Messsysteme für die scheinbare Ladung

4.3.1 Allgemeines

Teilentladungsmesssysteme können in Teilsysteme aufgeteilt werden: Koppereinheit, Übertragungssystem (z. B. Verbindungskabel oder Lichtwellenleiterstrecke) und Messgerät. Im Allgemeinen trägt das Übertragungssystem nichts zu den Eigenschaften des Messkreises bei und wird somit nicht mit in Betracht gezogen.

4.3.2 Koppereinheit

Die Koppereinheit ist ein wesentlicher Teil des Messsystems und des Prüfkreises, es sind darin Komponenten enthalten, die besonders dazu entwickelt wurden, die größtmögliche Empfindlichkeit in einem Prüfkreis zu erreichen. Unterschiedliche Koppereinheiten können auf diese Art in Verbindung mit einem einzelnen Messgerät verwendet werden.

Die Koppereinheit ist gewöhnlich ein aktives oder passives Netzwerk mit vier Anschlüssen (Vierpol) und wandelt die Eingangsströme in Ausgangsspannungssignale um. Diese Signale werden mit Hilfe eines Übertragungssystems zum Messgerät übertragen. Die Frequenzantwort der Koppereinheit, die durch das Verhältnis von Ausgangsspannung zu Eingangsstrom definiert ist, wird normalerweise so gewählt, dass zumindest die Frequenz der Prüfspannung und deren Harmonische wirkungsvoll vom Messgerät ferngehalten werden.

ANMERKUNG 1 Obwohl die Frequenzantwort einer einzelnen Koppereinheit nicht von allgemeinem Interesse ist, ist die Größe und die Frequenzeigenschaft der Eingangsimpedanz von Bedeutung, da diese Impedanz mit C_k und C_a zusammenwirkt und somit ein unverzichtbarer Teil des Prüfkreises ist.

ANMERKUNG 2 Verbindungsleitungen zwischen der Koppereinheit und dem Prüfling sollten so kurz wie möglich gehalten werden, um so Einflüsse auf die Erfassungsbandbreite zu minimieren.

4.3.3 Impulsfolgeantwort für Geräte zur Messung der scheinbaren Ladung

Vorausgesetzt, dass das Amplituden-Frequenz-Spektrum der Eingangsimpulse zumindest innerhalb der Bandbreite Δf eines Messsystems konstant ist (siehe [Bild 5](#)), so ist die Antwort des Messgeräts ein Spannungsimpuls mit einem Scheitelwert, der proportional zu der (unipolaren) Ladung des Eingangsimpulses ist. Die Form, die Dauer und der Scheitelwert dieses Ausgangsimpulses werden von der Transferimpedanz $Z(f)$ des Messsystems bestimmt. Daher können die Form und die Dauer des Ausgangsimpulses völlig unterschiedlich von denen des Eingangssignals sein.

Die Darstellung eines einzelnen Ausgangsspannungsimpulses auf dem Bildschirm eines Oszilloskops kann Hilfestellung bei der Erkennung der Herkunft von Teilentladungen und bei der Unterscheidung dieser von Störungen geben (siehe [Abschnitt 10](#)). Die Spannungsimpulse sollten entweder auf einer linearen Zeitbasis, die von der Prüfspannung getriggert wird, oder auf einer sinusförmigen Zeitbasis, die mit der Frequenz der Prüfspannung synchronisiert ist, oder auf einer elliptischen Zeitbasis, die synchron mit der Frequenz der Prüfspannung umläuft, dargestellt werden.

Zusätzlich wird besonders empfohlen, dass ein Zeigergerät oder ein Aufzeichnungsgerät verwendet wird, um die größte wiederholt auftretende Teilentladungsstärke zu messen. Die Anzeige eines solchen Geräts sollte, wenn es bei Prüfungen mit Wechselspannung benutzt wird, auf einem analogen Spitzenwerterfassungskreis

oder einer digitalen Spitzenwerterfassung mit Software basieren, mit einer sehr kleinen elektrischen Ladezeitkonstanten und einer elektrischen Entladezeitkonstanten, die nicht größer als 0,44 s ist. Unabhängig von der Art der Anzeige eines solchen Geräts gelten die folgenden Anforderungen.

Die Antwort des Systems auf eine Impulsfolge, die aus gleich großen und äquidistanten Impulsen q_0 mit einer bekannten Impulswiederholfrequenz N besteht, muss so sein, dass der Ablesewert R des Messgeräts einen Wert anzeigt, der der nachfolgenden Tabelle entspricht. Es wird angenommen, dass der Messbereich und die Verstärkung des Messgeräts so eingestellt sind, dass die Anzeige Vollausschlag oder 100 % für $N = 100$ darstellt. Der Kalibrator, der zur Erzeugung der Impulse verwendet wird, muss den Anforderungen nach [Abschnitt 5](#) entsprechen.

Tabelle 1 – Impulsfolgeantwort von TE-Messgeräten

N (1/s)	1	2	5	10	50	≥ 100
$R_{\min}$ (%)	35	55	76	85	94	95
$R_{\max}$ (%)	45	65	86	95	104	105

ANMERKUNG 1 Diese Eigenschaft ist notwendig, um die Vergleichbarkeit von Anzeigen zu erreichen, die mit unterschiedlichen Arten von Messgeräten gewonnen werden. Diese Anforderung muss für alle Bereiche erfüllt werden. Messgeräte, die schon bei Veröffentlichung dieser Norm in Gebrauch sind, müssen diese Anforderungen nicht erfüllen; es sollten jedoch die augenblicklichen Werte für $R(N)$ ermittelt werden.

ANMERKUNG 2 Die gemessene Größe kann z. B. auf Zeigergeräten, digitalen Anzeigen oder Oszilloskopen angezeigt werden.

ANMERKUNG 3 Die festgelegte Antwort kann durch analoge oder digitale Signalaufbereitung gewonnen werden.

ANMERKUNG 4 Die Impulsfolgeantwort, die in diesem Unterabschnitt festgelegt ist, ist nicht für Gleichspannungsprüfungen geeignet.

ANMERKUNG 5 Das zuständige Technische Komitee kann unterschiedliche Antworten, zugeschnitten auf ein besonderes Betriebsmittel, festlegen.

4.3.4 Breitband-TE-Messgeräte

In Verbindung mit der Koppereinheit bildet diese Art von Messgeräten ein Breitband-TE-Messsystem, das von einer Transferimpedanz charakterisiert ist, die feste Werte der unteren und oberen Grenzfrequenzen f_1 und f_2 und eine ausreichende Dämpfung unter f_1 und über f_2 hat. Empfohlene Werte für die wesentlichen Frequenzparameter f_1 , f_2 und Δf sind:

$$30 \text{ kHz} \leq f_1 \leq 100 \text{ kHz};$$

$$f_2 \leq 1 \text{ MHz};$$

$$100 \text{ kHz} \leq \Delta f \leq 900 \text{ kHz}.$$

ANMERKUNG 1 Kombinationen von verschiedenen Koppereinheiten mit dem Messgerät können die Transferimpedanz ändern. Die Gesamtantwort sollte jedoch immer die empfohlenen Werte erfüllen.

ANMERKUNG 2 Für Prüfobjekte mit Wicklungen wie Transformatoren und elektrische Maschinen kann das vorhandene Frequenzband bis zu wenigen 100 kHz oder auch darunter reduziert werden. Die für solche Prüfobjekte zu akzeptierende obere Grenzfrequenz f_2 sollte durch das zuständige Technische Komitee festgelegt werden.

Die Antwort dieser Geräte auf einen (nicht schwingenden) Teilentladungsstromimpuls ist im Allgemeinen eine gut gedämpfte Schwingung. Die scheinbare Ladung q und die Polarität des TE-Stromimpulses können von dieser Antwort bestimmt werden. Die Impulsauflösezeit T_r ist klein und beträgt typischerweise 5 μ s bis 20 μ s.

4.3.5 Breitband-TE-Messgeräte mit aktivem Integrator

Diese Art von Messgeräten besteht aus einem sehr breitbandigen Verstärker, dem ein elektronischer Integrator nachgeschaltet ist und der durch die Zeitkonstante seines integrierenden Kondensator- und Widerstandsnetzwerks charakterisiert ist. Die Antwort des Integrators auf einen TE-Impuls ist ein Spannungssignal, das mit der unmittelbaren Summe der Ladung anwächst. Unter der Annahme, dass die Zeitkonstante des Integrators sehr viel größer als die Dauer des TE-Impulses ist, ist die endgültige Amplitude des Signals somit proportional der Gesamtladung. In der Praxis sind Zeitkonstanten im Bereich von 1 μ s typisch. Die Impulsauflösezeit für aufeinanderfolgende TE-Impulse ist kleiner als 10 μ s.

ANMERKUNG Eine entsprechende obere Grenzfrequenz von einigen hundert Kilohertz kann solchen Geräten beigegeben werden, sie errechnet sich aus der Zeitkonstanten der Kombination von Verstärker und aktivem Integrator.

4.3.6 Schmalband-TE-Messgeräte

Diese Messgeräte sind durch eine kleine Bandbreite Δf und eine Bandmittenfrequenz f_m charakterisiert, die über einen weiten Frequenzbereich, in dem das Amplitudenfrequenzspektrum des Entladestromimpulses näherungsweise konstant ist, variieren kann. Empfohlene Werte für Δf und f_m sind:

$$9 \text{ kHz} \leq \Delta f \leq 30 \text{ kHz};$$

$$50 \text{ kHz} \leq f_m \leq 1 \text{ MHz}.$$

Es wird weiterhin empfohlen, dass die Transferimpedanz $Z(f)$ bei Frequenzen von $f_m \pm \Delta f$ 20 dB unter dem Scheitelwert des Bandpasswertes sein sollte.

ANMERKUNG 1 Während der eigentlichen Messungen der scheinbaren Ladung sollten Bandmittenfrequenzen mit $f_m > 1 \text{ MHz}$ nur angewendet werden, wenn sich die Anzeigen für solch höhere Werte nicht von denen unterscheiden, die bei empfohlenen Werten von f_m beobachtet wurden.

ANMERKUNG 2 Im Allgemeinen werden solche Geräte zusammen mit Koppereinheiten verwendet, die innerhalb des Frequenzbereichs des Messgeräts reine Hochpasseigenschaften aufweisen. Wenn Resonanzkoppereinheiten benutzt werden, muss f_m auf die Resonanzfrequenz der Koppereinheit eingestellt und festgelegt werden, und der Prüfkreis muss einen konstanten Maßstabsfaktor haben.

ANMERKUNG 3 Funkstörmessgeräte mit Quasispitzenwert-Antwort sind im Sinne dieser Norm nicht geeignet, die scheinbare Ladung zu messen, aber sie können verwendet werden, um TE festzustellen.

Die Antwort dieser Messgeräte auf einen Teilentladungsstromimpuls ist eine transiente Schwingung mit den positiven und negativen Scheitelwerten seiner Einhüllenden, die proportional zur scheinbaren Ladung sind, unabhängig von der Polarität dieser Ladung. Die Impulsauflösezeit ist groß, typischerweise über 80 μ s.

4.4 Anforderungen für Messungen mit digitalen TE-Messgeräten

Die Mindestanforderung für ein digitales TE-Messgerät ist:

- den Wert der größten wiederholt auftretenden TE-Stärke aufzuzeichnen. Das Messgerät muss mit den Anforderungen nach 4.3.3 übereinstimmen.

Zusätzlich können eine oder mehrere der folgenden Größen ausgewertet und aufgezeichnet werden:

- die scheinbare Ladung q_i , die bei einer bestimmten Zeit t_i auftritt;