

	Hochspannungs-Prüftechnik Teilentladungsmessungen (IEC 60270:2000) Deutsche Fassung EN 60270:2001	DIN EN 60270
VDE	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Vorstand beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter nebenstehenden Nummern in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekannt gegeben worden.	Klassifikation VDE 0434
ICS 17.220.20 High-voltage test techniques – Partial discharge measurement (IEC 60270:2000); German version EN 60270:2001 Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles (CEI 60270:2000); Version allemande EN 60270:2001 Ersatz für DIN 57434 (VDE 0434):1983-05 Siehe Beginn der Gültigkeit Die Europäische Norm EN 60270:2001 hat den Status einer Deutschen Norm. Beginn der Gültigkeit Die EN 60270 wurde am 2000-12-01 angenommen. Daneben darf die Norm DIN VDE 0434 (VDE 0434):1983-05 noch bis 2003-12-01 angewendet werden. Nationales Vorwort Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 124 „Hochspannungs-Prüftechnik“ der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE) zuständig. Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN IEC 42/141/CD (VDE 0434):1997-12. Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 42 „High-voltage testing techniques“ erarbeitet. Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zum Jahr 2008 unverändert bleiben soll. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation – bestätigt, – zurückgezogen, – durch eine Folgeausgabe ersetzt oder – geändert. Anmerkung zu Abschnitt 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. Fortsetzung Seite 2 und 38 Seiten EN DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

Änderungen

Gegenüber **DIN 57434 (VDE 0434):1983-05** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Inhalt vollständig überarbeitet;
- b) Teilentladungs-Messsysteme aufgenommen;
- c) digitale Messgeräte und Messgeräte mit aktivem Integrator aufgenommen;
- d) Anforderungen bezüglich der Ermittlung der Messgröße „scheinbare Ladung“ präzisiert.

Frühere Ausgaben

VDE 0434-1: 1966-01

VDE 0434-2: 1966-01

DIN 57434 (VDE 0434): 1983-05

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.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig.

IEC hat 1997 die Benummerung der IEC-Publikationen geändert. Zu den bisher verwendeten Normnummern wird jeweils 60000 addiert. So ist zum Beispiel aus IEC 68 nun IEC 60068 geworden.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
HD 588.1 S1:1991	IEC 60060-1:1989 + Corr. März 1990	DIN IEC 60060-1 (VDE 0432 Teil 1):1994-06	VDE 0432 Teil 1
EN 60060-2:1994	IEC 60060-2:1994	DIN EN 60060-2 (VDE 0432 Teil 2):1996-03	VDE 0432 Teil 2
–	CISPR 16-1:1993	E DIN VDE 0876-16-1 (VDE 0876 Teil 16-1):1998-05	VDE 0876 Teil 16-1
–	CISPR 16-1:1993/A1:1997	E DIN VDE 0876-16-1/A1 (VDE 0876 Teil 16-1/A1):1999-04	VDE 0876 Teil 16-1/A1

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN IEC 60060-1 (VDE 0432 Teil 1), Hochspannungs-Prüftechnik – Teil 1: Allgemeine Festlegungen und Prüfbedingungen (IEC 60060-1:1989 + Corrigendum März 1990); Deutsche Fassung HD 588.1 S1:1991

DIN EN 60060-2 (VDE 0432 Teil 2), Hochspannungs-Prüftechnik – Teil 2: Messsysteme (IEC 60060-2:1994); Deutsche Fassung EN 60060-2:1994

E DIN VDE 0876-16-1 (VDE 0876 Teil 16-1), Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 1: Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit (IEC/CISPR 16-1:1993)

E DIN VDE 0876-16-1/A1 (VDE 0876 Teil 16-1/A1), Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 1: Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit, Änderung A1 (IEC/CISPR 16-1:1993/A1:1997)

Deutsche Fassung

Hochspannungs-Prüftechnik

Teilentladungsmessungen
(IEC 60270:2000)

High-voltage test techniques –
Partial discharge measurement
(IEC 60270:2000)

Techniques des essais à haute tension –
Mesures des décharges partielles
(CEI 60270:2000)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2000-12-01 angenommen. Die 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 Zentralsekretariat 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 Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

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

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

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 die EN 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 der EN 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**^{*)} 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.

*) Nationale Fußnote: In der vorliegenden Deutschen Fassung wurde auf den Fettdruck verzichtet.

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Prüfkreise und Messsysteme	9
4.1 Allgemeine Anforderungen	9
4.2 Prüfkreise für Wechselspannungen	9
4.3 Messsysteme für die scheinbare Ladung	10
4.3.1 Allgemeines	10
4.3.2 Koppeleinheit	10
4.3.3 Impulsfolgeantwort für Geräte zur Messung der scheinbaren Ladung	10
4.3.4 Breitband-TE-Messgeräte	11
4.3.5 Breitband-TE-Messgeräte mit aktivem Integrator	11
4.3.6 Schmalband-TE-Messgeräte	11
4.4 Anforderungen für Messungen mit digitalen TE-Messgeräten	11
4.4.1 Anforderungen für die Messung der scheinbaren Ladung q	11
4.4.2 Anforderungen für das Messen der Prüfspannung und der Phase	12
4.5 Messsysteme für abgeleitete Größen	12
4.5.1 Koppeleinheit	12
4.5.2 Messgeräte für das Messen der Impulswiederholrate n	12
4.5.3 Messgeräte für das Messen des mittleren Entladungsstromes I	12
4.5.4 Messgeräte für das Messen der Entladungsleistung P	12
4.5.5 Messgeräte für das Messen der quadratischen Ladungsgröße D	12
4.5.6 Messgeräte für das Messen der Funkstörspannung	13
4.6 Ultrabreitbandgeräte zur TE-Detektion	13
5 Kalibrierung	13
5.1 Allgemeines	13
5.2 Kalibrierverfahren	13
6 Kalibratoren	14
6.1 Allgemeines	14
6.2 Kalibratoren zur Kalibrierung eines Messsystems im vollständigen Prüfkreis	14
6.3 Kalibratoren für Eignungsprüfungen von Messsystemen	14
7 Aufrechterhaltung der Eigenschaften des Kalibrators und des Messsystems	15
7.1 Zeitplan für Prüfungen	15
7.2 Aufrechterhaltung der Eigenschaften des Kalibrators	15
7.2.1 Typprüfungen von Kalibratoren	15
7.2.2 Stückprüfungen von Kalibratoren	15
7.2.3 Eignungsprüfungen von Kalibratoren	15
7.2.4 Kontrollmessungen von Kalibratoren	15
7.2.5 Identifikationsakte	16
7.3 Aufrechterhaltung der Eigenschaften von Messsystemen	16
7.3.1 Typprüfungen von TE-Messsystemen	16
7.3.2 Stückprüfungen von Messsystemen	17
7.3.3 Eignungsprüfungen von Messsystemen	17
7.3.4 Kontrollmessungen von Messsystemen	17
7.3.5 Kontrollen für zusätzliche Fähigkeiten von digitalen Messsystemen	17
7.3.6 Identifikationsakte	18
8 Prüfungen	18
8.1 Allgemeine Anforderungen	18
8.2 Vorbehandlung des Prüflings	18

	Seite
8.3 Wahl des Prüfverfahrens	18
8.3.1 Bestimmung der Teilentladungseinsetzspannung und der Teilentladungsaussetzspannung	19
8.3.2 Bestimmung der Teilentladungsstärke bei einer festgelegten Prüfspannung	19
9 Messunsicherheit und -empfindlichkeit	19
10 Störungen	20
11 Teilentladungsmessungen während Prüfungen mit Gleichspannung	20
11.1 Allgemeines	20
11.2 Größen in Zusammenhang mit Teilentladungen	20
11.3 Spannungen in Zusammenhang mit Teilentladungen	20
11.3.1 Teilentladungseinsetzspannungen und Teilentladungsaussetzspannungen	20
11.3.2 Teilentladungsprüfspannung	21
11.4 Prüfkreise und Messsysteme	21
11.5 Prüfungen	21
11.5.1 Wahl der Prüfverfahren	21
11.5.2 Störungen	21
Anhang A (normativ) Eignungsprüfung eines Kalibrators	27
Anhang B (informativ) Prüfkreise	29
Anhang C (informativ) Messungen an Kabeln, gasisolierten Schaltanlagen, Leistungskondensatoren und an Prüflingen mit Windungen	30
Anhang D (informativ) Die Verwendung von Funkstörmessgeräten zur Erfassung von Teilentladungen	31
Anhang E (informativ) Leitfaden zur digitalen Erfassung von Teilentladungsgrößen	33
Anhang F (informativ) Nicht-elektrische Verfahren zur TE-Feststellung	35
Anhang G (informativ) Störungen	36
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	38
Bild 1 – Grundlegende Teilentladungsprüfkreise	23
Bild 2 – Prüfkreis zur Messung am Abgriff einer Durchführung	24
Bild 3 – Prüfkreis zur Messung an selbst erregten Prüflingen	24
Bild 4 – Anschlussmöglichkeiten zur Kalibrierung des vollständigen Prüfkreises	25
Bild 5 – Richtiger Zusammenhang der Amplitudenfrequenzspektren, gezeigt am Beispiel eines Breitbandsystems	26
Bild A.1 – Kalibrierung von Impulskalibratoren	28
Bild D.1 – Abweichung des Ablesewerts $f(N)$ eines CISPR-Störspannungsmessgerätes in Abhängigkeit der Impulswiederholfrequenz N, für Impulse gleicher Ladung	32
Bild E.1 – Ausgangsspannungssignale U_{out} von zwei unterschiedlichen TE-Messsystemen für die scheinbare Ladung (Doppelimpuls)	34
Tabelle 1 – Impulsfolgeantwort von TE-Messgeräten	10
Tabelle 2 – Für Kalibratoren erforderliche Prüfungen	16
Tabelle 3 – Für Messsysteme erforderliche Prüfungen	17

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 und
- 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 von der digitalen 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 normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil dieser Internationalen Norm sind. Bei datierten Verweisungen gelten spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nicht. Anwender dieser Internationalen Norm werden jedoch gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, die jeweils neuesten Ausgaben der nachfolgend angegebenen normativen Dokumente anzuwenden. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen normativen Dokuments. Mitglieder von ISO und IEC führen Verzeichnisse der gültigen Internationalen Normen.

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 dieser internationalen Norm 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 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 µs haben. Kontinuierlichere Erscheinungsformen können jedoch auch auftreten, wie z. B. die so genannten pulslösen Glimm- oder Pseudoglimmentladungen in gasförmigen Dielektrika. Diese Art von Entladungen werden üblicherweise mit den Messverfahren, die in dieser Norm beschrieben sind, nicht erfasst.

ANMERKUNG 2 „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 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 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 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 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 Impulswiederholfrequenz N wird in Verbindung mit der Kalibrierprozedur gebraucht.

3.3.4

Phasenwinkel φ_i und Zeit t_i des Auftretens eines TE-Impulses

sind festgelegt durch:

$$\varphi_i = 360 \left(t_i / T \right),$$

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:

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

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:

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

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:

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

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 Diese Art von Messgeräten wurde früher Störspannungsmessgeräte genannt.

3.3.9

Funkstörspannung U_{RDV}

abgeleitete Größe, die die Anzeige eines Funkstörmessgeräts ist, wenn es 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 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 Grundstörungen können entweder aus weißem Rauschen im Messsystem, Funksendern oder anderen kontinuierlichen oder impulsartigen Signalen zusammengesetzt sein. Weitere Informationen siehe Anhang G.

3.7 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 Prüfbjekt 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 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 Prüfbjekt 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 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 in Bezug 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 die Bandbreite ist 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**) 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 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 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.

**) Nationale Fußnote: Siehe Nationales Vorwort.

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 Um den Integrationsfehler zu minimieren, werden die zuständigen Technischen Komitees aufgefordert, einschränkendere Werte für f_1 und f_2 festzulegen, wenn es für besondere Arten von Betriebsmitteln erforderlich ist.

3.10

digitale Teilentladungs-Messgeräte

im Sinne dieser Norm sind im Allgemeinen auf einem analogen Messsystem oder Messgerät zum Messen der scheinbaren Ladung q aufgebaut, dem ein digitales Erfassungs- und Verarbeitungssystem nachgeschaltet ist. Der digitale Teil eines digitalen TE-Messgeräts wird dazu benutzt, analoge Signale zur weiteren Auswertung zu bearbeiten, relevante Größen zu speichern und das Prüfergebnis anzuzeigen. Siehe auch [Anhang E](#).

ANMERKUNG Ein digitales TE-Messgerät kann auch auf einer Koppereinheit und einem digitalen Erfassungssystem ohne analoger Signalverarbeitungseinheit aufgebaut sein. Diese Norm enthält keine besonderen Informationen zur Anwendung von solchen Geräten.

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](#))

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 wenn 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 Grundstörpegel (siehe auch [Abschnitte 9](#) und [10](#)), um die festgelegte Teilentladungsstärke bei der festgelegten Prüfspannung messen zu können;
- Hochspannungsverbindungen mit ausreichend geringem Grundstörpegel (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 in Betracht gezogen.

4.3.2 Koppereinheit

Die Koppereinheit ist ein wesentlicher Teil des Messsystems und des Prüfkreises, es sind darin Teile 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.