

	DIN IEC 60060-2 (VDE 0432-2)	
	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.	

ICS 19.080

Einsprüche bis 2007-09-30
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 60060-2
(VDE 0432-2):1996-03 und
DIN EN 60060-2/A11
(VDE 0432-2/A11):1998-09

Entwurf

**Hochspannungs-Prüftechnik –
Teil 2: Messsysteme
(IEC 42/217/CD:2007)**

High-voltage test techniques –
Part 2: Measuring Systems
(IEC 42/217/CD:2007)

Techniques des essais à haute tension –
Partie 2: Systèmes de mesure
(CEI 42/217/CD:2007)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf 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 122 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

– Entwurf –

E DIN IEC 60060-2 (VDE 0432-2):2007-08

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 42/217/CD:2007 „High-voltage test techniques – Part 2: Measuring Systems“ (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 42 „High-voltage testing techniques“ 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 124 „Hochspannungs-Prüftechnik“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (<http://www.dke.de>) zuständig.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60060-2 (VDE 0432-2):1996-03 und DIN EN 60060-2/A11 (VDE 0432-2/A11):1998-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Messung von Stoßströmen ist entfallen, da eine neue Normenreihe IEC 62457 „High current test techniques – Definitions and requirements for high current measurements“ für die Prüfung mit großen Strömen in Bearbeitung ist;
- b) die Definitionen und die Messung der Sprungantwort sind in einem informativen Anhang zusammengefasst;
- c) die Definitionen der verschiedenen Unsicherheiten wurden erweitert und mit einer ausführlichen Beschreibung und Beispielen in einem informativen Anhang erläutert;
- d) es wird auf das zu erstellende Unsicherheitsbudget bei der Prüfung der anerkannten Messsysteme und ihrer Komponenten hingewiesen und für jede Prüfung die Ermittlung der Standardunsicherheit angegeben;
- e) bei den Abschnitten der Messung der unterschiedlichen Spannungsformen ist jeweils eine Tabelle eingefügt, in der alle notwendigen Prüfungen und die dazugehörigen relevanten Abschnitte aufgelistet sind,
- f) alle für eine Spannungsform erforderlichen Prüfungen sind in den jeweiligen relevanten Abschnitten aufgeführt.

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
EN 60051-1:1998	IEC 60051:1997	DIN EN 60051-1:1999-10	–
EN 60052:2002	IEC 60052:2002	DIN EN 60052 (VDE 0432-9):2003-06	VDE 0432-9
–	IEC 42/188/CD:2005	E DIN IEC 60060-1 (VDE 0432-1):2005-09	VDE 0432-1
EN 60060-3:2006	IEC 60060-3:2004	DIN EN 60060-3 (VDE 0432-3):2006-08	VDE 0432-3
EN 60071-1:2006	IEC 60071-1:1993	DIN EN 60071-1 (VDE 0111-1):2006-11	VDE 0111-1
EN 61083-1:2001	IEC 61083-1:2001	DIN EN 61083-1 (VDE 0432-7):2002-01	VDE 0432-7
–	IEC 42/205/CD:2006	E DIN IEC 61083-2 (VDE 0432-8):2006-10	VDE 0432-8
–	IEC 42/208/CD:2006	E DIN IEC 62475 (VDE 0432-20):2006-09	VDE 0432-20
EN ISO/IEC 17025:2005	ISO/IEC 17025:2005	DIN EN ISO/IEC 17025:2005-08	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60051-1, *Direkt wirkende anzeigende elektrische Messgeräte und ihr Zubehör – Messgeräte mit Skalenanzeige – Teil 1: Definitionen und allgemeine Anforderungen für alle Teile dieser Norm*

DIN EN 60052 (VDE 0432-9), *Spannungsmessungen mit Standard-Luftfunkenstrecken*

E DIN IEC 60060-1 (VDE 0432-1), *Hochspannungs-Prüftechnik – Teil 1: Allgemeine Begriffe und Prüfbedingungen (IEC 42/188/CD:2005).*

– Entwurf –

E DIN IEC 60060-2 (VDE 0432-2):2007-08

DIN EN 60060-3 (VDE 0432-3), *Hochspannungs-Prüftechnik – Teil 3: Begriffe und Anforderungen für Vor-Ort-Prüfungen*

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

DIN EN 61083-1 (VDE 0432-7), *Messgeräte und Software bei Stoßspannungs- und Stoßstromprüfungen – Teil 1: Anforderungen an Messgeräte*

E DIN IEC 61083-2 (VDE 0432-8), *Messgeräte und Software für Messungen bei Stoßspannungs- und Stoßstromprüfungen – Teil 2: Anforderungen an die Software (IEC 42/205/CD:2006).*

E DIN IEC 62475 (VDE 0432-20), *Hochstrom-Prüftechnik – Begriffe und Anforderungen für Hochstrom-Messungen (IEC 42/208/CD:2006).*

DIN EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien*

Hochspannungs-Prüftechnik – Teil 2: Messsysteme

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	9
3.1 Messsysteme	9
3.2 Messumformer	9
3.3 Maßstabsfaktoren	10
3.4 Bemessungswerte	11
3.5 Parameter der Antwortfunktion	12
3.6 Begriffe zur Unsicherheit	13
3.7 Begriffe zur Prüfung von Messsystemen	14
4 Qualifizierung und Anwendung von Messsystemen	15
4.1 Allgemeine Prinzipien	15
4.2 Abstand zwischen aufeinander folgenden Eignungsprüfungen	15
4.3 Abstand zwischen aufeinander folgenden Kontrollmessungen	15
4.4 Anforderungen an die Identifikationsakte	16
4.5 Anwendungsbedingungen	16
4.6 Unsicherheit	17
5 Prüfungen und Prüfungsanforderungen für ein anerkanntes Messsystem und dessen Komponenten	17
5.1 Allgemeine Anforderungen	17
5.2 Anwendbarkeit	18
5.3 Kalibrierung – Bestimmung des Maßstabsfaktor	18
5.4 Linearitätsprüfung	20
5.5 Dynamisches Verhalten	21
5.6 Kurzzeitstabilitätsprüfung	22
5.7 Langzeitstabilität	22
5.8 Umgebungstemperatureinfluss	22
5.9 Näherungseffekt	23
5.10 Erweiterte Unsicherheit des Maßstabsfaktors	23
5.11 Störfestigkeitsprüfung (Übertragungssystem und Messgerät für Stoßspannungs- messungen)	24
5.12 Stehspannungsprüfung des Messumformers	25
6 Gleichspannungsmessung	25
6.1 Anforderungen an ein anerkanntes Messsystem	25
6.2 Prüfungen an einem anerkannten Messsystem	26
6.3 Kontrollmessung	28

– Entwurf –

E DIN IEC 60060-2 (VDE 0432-2):2007-08

	Seite
6.4 Messung der Amplitude der Welligkeit	28
7 Wechselspannungsmessung.....	29
7.1 Anforderungen an ein anerkanntes Messsystem	29
7.2 Prüfungen an einem anerkannten Messsystem	30
7.3 Prüfung des dynamischen Verhaltens	31
7.4 Kontrollmessung	32
8 Messung von Blitzstoßspannung.....	32
8.1 Anforderungen an ein anerkanntes Messsystem	32
8.2 Prüfungen eines anerkannten Messsystems.....	33
8.3 Eignungsprüfungen an Messsystemen.....	35
8.4 Prüfung des dynamischen Verhaltens	35
8.5 Kontrollmessung	36
9 Messung von Schaltstoßspannung.....	37
9.1 Anforderungen an ein anerkanntes Messsystem	37
9.2 Prüfungen eines anerkannten Messsystems.....	38
9.3 Eignungsprüfungen an Messsystemen.....	40
9.4 Prüfung des dynamischen Verhaltens	40
9.5 Kontrollmessung	40
10 Referenzmesssysteme	41
10.1 Anforderungen an Referenzmesssysteme	41
10.2 Kalibrierung eines Referenzmesssystems	41
10.3 Zeitraum zwischen aufeinander folgenden Kalibrierungen von Referenzmesssystemen.....	42
Literaturhinweise	43
Anhang A (informativ) Messung der Sprungantwort.....	45
Literaturhinweise	51
Anhang B (informativ) Beispiele zur Berechnung der Messunsicherheiten bei Hochspannungsmessungen	53
Anhang C (informativ) Sprungantwortmessung	60
Anhang D (informativ) Bestimmung des dynamischen Verhaltens durch die Sprungantwort mit Hilfe der Faltung	64
Bilder	
Bild 1: Beispiele für die Grenzfrequenzen einer Übertragungsfunktion. Obere und untere Grenzfrequenzen sind in Kurve A angegeben. Die Kurve B weist bis zur Gleichspannung herab eine konstante Übertragungsfunktion auf.....	44
Bild A.1 – Normal Wahrscheinlichkeitsverteilung $p(x)$ (der schraffierte Bereich kennzeichnet die Standardunsicherheit).....	52
Bild A.2 – Rechteckförmige Wahrscheinlichkeitsverteilung $p(x)$ (der schraffierte Bereich kennzeichnet die Standardunsicherheit).....	52
Bild B.1: Vergleich zwischen dem zu prüfenden Systems X und dem Referenzsystem N	59
Bild C.1 – Sprungantwort mit zwei Referenzniveaus	62
Bild C.2a – Definition der Antwortparameter in Bezug auf $g(t)$	62
Bild C.2b – Definition der Antwortparameter in Bezug auf $T(t)$	62

	Seite
Bild C.3 – Grenzen für β und T_α bei der Messung von T_x	63
<u>Tabellen</u>	
Tabelle 1 – Prüfungen für ein anerkanntes Gleichspannungsmesssystem	27
Tabelle 2 – Prüfungen für ein anerkanntes Wechselspannungsmesssystem	31
Tabelle 3 – Prüfungen für ein anerkanntes Blitzstoßspannungsmesssystem	34
Tabelle 4 – Prüfungen für ein anerkanntes Schaltstoßspannungsmesssystem	39
Tabelle 5 – Anforderungen an Sprungantwort für Referenzmesssysteme	42
Tabelle A.1: Erweiterungsfaktor f für effektive Freiheitsgrade ν_{eff} ($p = 95,45 \%$)	50
Tabelle A.2: Schema für ein Unsicherheitsbudget	51
Tabelle B.1: Ergebnis der Vergleichsmessung	55
Tabelle B.2: Unsicherheitsbudget für den Maßstabsfaktor F_X	55
Tabelle B.3: Unsicherheitsbudget für den Maßstabsfaktor F	57
Tabelle B.4: Unsicherheitsbudget für die Stirnzeitabweichung ΔT_1	59

1 Anwendungsbereich

Diese Norm ist anwendbar auf vollständige Messsysteme und deren Komponenten für Messungen von hohen Spannungen bei Versuchen mit Gleichspannung, Wechselspannung, Blitz- und Schaltstoßspannungen wie sie in IEC 60060-1 festgelegt sind.

Die Messunsicherheiten, die in dieser Norm festgelegt sind, beziehen sich auf die Prüfspannungen, die in IEC 60071-1 definiert sind. Die in dieser Norm entwickelten Prinzipien sind auch für höhere Spannungsebenen anzuwenden, die Messunsicherheit kann dabei aber größer sein.

Diese Norm

- definiert die verwendeten Begriffe,
- legt die Anforderungen an die Messsysteme fest,
- beschreibt die Verfahren, die für die Bewertung eines Messsystems und die Prüfung seiner Komponenten anzuwenden sind,
- beschreibt das Verfahren, mit dem ein Anwender nachzuweisen hat, dass ein Messsystem die Anforderungen dieser Norm und die für die Unsicherheit der Messung gegebenen Grenzen erfüllt.

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 60051, *Direct acting indicating analogue electrical-measuring instruments and their accessories.*

IEC 60052:2002, *Voltage measurement by means of standard air gaps.*

IEC 60060-1:200x, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements.*

IEC 60060-3:2004, *High-voltage test techniques – Part 3: Definitions and requirements for on-site tests.*

IEC 60071-1:1993, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules.*

IEC 61083-1:2001, *Instruments and software used for measurement in high voltage impulse tests – Part 1: Requirements for instruments.*

IEC 61083-1:2001, *Instruments and software used for measurement in high voltage impulse tests – Part 1: Requirements for software.*

IEC 62475, *High current test and measuring technique (latest draft).*

ISO/IEC 17025:2005, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.*

GUM – ISO, *Guide to the expression of uncertainty in measurements (ISBN 92-67-10188-9).*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe:

3.1 Messsysteme

3.1.1

Messsystem

ein vollständiger Satz von Geräten zur Durchführung von Hochspannungsmessungen

ANMERKUNG 1 Ein Messsystem umfasst üblicherweise die folgenden Komponenten: einen Messumformer mit den erforderlichen Zuleitungen für die Verbindung zum Prüfobjekt oder zum Prüfkreis und zur Erde, ein Übertragungssystem zur Verbindung der Ausgangsklemmen des Messumformers mit den Messinstrumenten und ihren Abschwächungs-, Abschluss- oder Anpassungsimpedanzen oder -netzwerken sowie Messinstrumente einschließlich ihrer Verbindungen zur Netzversorgung. Messsysteme, die nur einige der obigen Komponenten umfassen oder auf nichtkonventionellen Messprinzipien beruhen, werden akzeptiert, wenn sie die in dieser Norm festgelegten Genauigkeitsanforderungen erfüllen.

ANMERKUNG 2 Die Umgebung, in der ein Messsystem arbeitet, die Abstände zu spannungsführenden und geerdeten Strukturen sowie die Anwesenheit von elektrischen oder magnetischen Feldern kann einen beträchtlichen Einfluss auf das Messergebnis und die Messgenauigkeit ausüben.

3.1.2

Identifikationsakte eines Messsystems

detaillierte Aufzeichnung, die vom Anwender zu führen und zu pflegen ist, und eine Beschreibung des Systems und den Nachweis enthält, dass die in dieser Norm festgelegten Anforderungen erfüllt sind. Dieser Nachweis muss die Ergebnisse der anfänglichen Eignungsprüfung sowie ein Verzeichnis und die Ergebnisse aller folgenden Eignungsprüfungen und Kontrollmessungen enthalten.

3.1.3

Anerkanntes Messsystem

Messsystem, für das die Erfüllung von einem oder mehreren Anforderungskatalogen dieser Norm nachgewiesen wurde durch:

- Typ- und Stückprüfungen;
- eine anfängliche Eignungsprüfung;
- nachfolgende Kontrollmessungen und Eignungsprüfungen;
- Dokumentation der Ergebnisse dieser Prüfungen in der zugehörigen Identifikationsakte.

Ein Messsystem ist nur für die in der Identifikationsakte angegebenen Anordnungen und Betriebsbedingungen anerkannt.

3.1.4

Referenzmesssystem

Messsystem, dessen Kalibrierung auf die entsprechenden Nationalen Messnormale rückführbar ist und hinreichende Genauigkeit und Stabilität aufweist, um durch simultane, vergleichende Messungen eines bestimmten Typs und Amplitudenbereiches von Spannungen ein anderes Messsystem als anerkanntes Messsystem auszuweisen

ANMERKUNG Ein Referenzmesssystem, das den Vorschriften dieser Norm entsprechend betrieben und unterhalten wird, kann als ein anerkanntes Messsystem verwendet werden, aber die Umkehrung ist nicht gültig.

3.2 Messumformer

3.2.1

Messumformer

Gerät, das die zu messende Größe (Messgröße) in eine andere Größe umsetzt, die mit dem Messinstrument kompatibel ist

3.2.2

Spannungsteiler

Messumformer, der aus einem Hochspannungsteil und einem Niederspannungsteil besteht, wobei die Eingangsspannung über dem gesamten Gerät angelegt wird, während die Ausgangsspannung am Niederspannungsteil abgegriffen wird

ANMERKUNG Die Elemente des Hoch- und Niederspannungsteils sind üblicherweise Widerstände oder Kondensatoren oder Kombinationen hieraus und das Gerät wird nach Art und Anordnung seiner Komponenten beispielsweise als ohmscher, kapazitiver oder ohmsch-kapazitiver Spannungsteiler bezeichnet.

3.2.3

Spannungswandler

Messumformer in Form eines Transformator, bei dem die Spannung auf der Sekundärseite unter normalen Betriebsbedingungen im wesentlichen proportional zur Spannung auf der Primärseite ist und die Phasenlage nur um einen gegen Null gehenden Winkel verschoben ist bei einer angemessenen Ausrichtung der Verbindungen [IEV 321-03-01]

3.2.4

Spannungsmessimpedanz

Messumformer, der einen Strom proportional zur anliegenden Spannung hervorruft

3.2.5

E-Feld-Sonde

Messumformer zur Messung der Amplitude und Wellenform eines elektrischen Feldes

ANMERKUNG Eine E-Feld-Sonde darf zur Messung der Wellenform der das Feld hervorruhenden Spannung benutzt werden, vorausgesetzt, dass die Messung nicht durch Koronaentladungen oder Raumladungen beeinflusst wird.

3.2.6

Übertragungssystem

Geräte, die Ausgangssignale von einem Messumformer zum Messgerät übertragen

ANMERKUNG 1 Ein Übertragungssystem besteht im Allgemeinen aus einem Koaxialkabel mit Abschlussimpedanz, es kann aber auch Abschwächer, Verstärker oder andere Geräte umfassen, die zwischen dem Messumformer und dem Messgerät angeschlossen sind. Beispielsweise umfasst eine optische Übertragungsstrecke einen Sender, den optischen Leiter und den Empfänger wie auch die benötigten Verstärker.

ANMERKUNG 2 Ein Übertragungssystem kann teilweise oder vollständig Teil des Messumformers sein.

3.2.7

Messgerät

Gerät zur Messung, Einzelgerät oder in Verbindung mit zusätzlichen Geräten [IEV 311-03-01]

3.3 Maßstabsfaktoren

3.3.1

Maßstabsfaktor eines Messsystems

Faktor, mit dem der Wert des Messinstruments zu multiplizieren ist, um den Wert der gemessenen Eingangsgröße des vollständigen Messsystems zu erhalten

ANMERKUNG 1 Ein Messsystem für mehrere Spannungsbereiche kann mehrere Maßstabsfaktoren aufweisen.

ANMERKUNG 2 Ein Messsystem kann mehr als einen Maßstabsfaktor haben, beispielsweise verschiedene Maßstabsfaktoren für verschiedene Frequenzbereich oder Wellenformen.

ANMERKUNG 3 Bei einigen Messsystemen wird der Wert der Eingangsgröße direkt angezeigt (zum Beispiel wenn der Maßstabsfaktor des Messsystems gleich eins ist).

3.3.2

Maßstabsfaktor eines Messumformers

Faktor, mit dem die Ausgangsgröße eines Messumformers zu multiplizieren ist, um den Wert der Eingangsgröße zu erhalten

ANMERKUNG Der Maßstabsfaktor des Messumformers kann dimensionslos sein (z. B. im Fall eines Teilers) oder eine Dimension haben (z. B. die Impedanz eines Spannungsmesswiderstandes).

3.3.3

Maßstabsfaktor eines Übertragungssystems

Faktor, mit dem die Ausgangsgröße eines Übertragungssystems zu multiplizieren ist, um den Wert der Eingangsgröße zu erhalten

3.3.4

Maßstabsfaktor eines Messgerätes

Faktor, mit dem der Ablesewert eines Messgerätes zu multiplizieren ist, um den Wert der Eingangsgröße zu erhalten

3.3.5

Festgesetzter Maßstabsfaktor

Maßstabsfaktor eines Messsystems, der bei der letzten Eignungsprüfung ermittelt wurde

ANMERKUNG Ein Messsystem kann mehr als einen festgesetzten Maßstabsfaktor aufweisen. Beispielsweise kann es mehrere Bereich oder Nennzeiträume mit je einem unterschiedlichen Wert aufweisen (siehe 3.6.9).

3.4 Bemessungswerte

3.4.1

Betriebsbedingungen

Bedingungen, unter denen das Messsystem innerhalb der festgelegten Grenzen der Unsicherheit arbeitet

3.4.2

Bemessungsmessspannung

maximale Spannung mit festgelegter Frequenz oder Wellenform, bei der ein Messsystem mit Messunsicherheiten betrieben werden kann, die innerhalb der in dieser Norm festgelegten Grenzen liegen

3.4.3

Betriebsspannungsbereich

Spannungsbereich mit festgelegter Frequenz oder Wellenform, bei der ein Messsystem mit Messunsicherheiten betrieben werden kann, die innerhalb der in dieser Norm festgelegten Grenzen liegen

ANMERKUNG Die Grenzen des Betriebsspannungsbereiches werden vom Anwender festgelegt und durch in dieser Norm festgelegte Eignungsprüfungen nachgewiesen.

3.4.4

Betriebszeit

Zeit, während der ein Messsystem bei Bemessungsmessspannung mit Messunsicherheiten betrieben werden kann, die innerhalb der in dieser Norm für Gleich- oder Wechselspannung festgelegt sind

3.4.5

Maximale Anwendungshäufigkeit

maximale Häufigkeit von Stoßspannungen innerhalb einer Minute mit festgelegter Wellenform, bei der das Messsystem für eine festgelegte Zeit bei Bemessungsmessspannung mit Messunsicherheiten betrieben werden kann, die innerhalb der in dieser Norm festgelegten Grenzen liegen

3.4.6

Antwortfunktion eines Messsystems

Ausgangsgröße als Funktion der Zeit oder der Frequenz, wenn der Eingang des Messsystems mit einer festgelegten Spannung beaufschlagt wird

3.4.7

Übertragungsverhalten

Verhältnis von Ausgangsgröße zur Eingangsgröße eines Messsystems als Funktion der Frequenz f , wenn die Eingangsgröße sinusförmig ist

3.4.8

Sprungantwort

Ausgangsgröße eines Messsystems als Funktion der Zeit, wenn die Eingangsgröße eine Sprungfunktion ist

ANMERKUNG Für mehr Informationen bezüglich Sprungantwort und Sprungantwortparameter siehe Anhang C.

3.4.9

Nennzeitraum

Bereich zwischen dem Minimum ($t_{\min}$) und dem Maximum ($t_{\max}$) des relevanten Zeitparameters einer Stoßspannung, für den das Messsystem anerkannt werden soll. Dieser relevante Zeitparameter ist:

- die Stirnzeit T_1 für volle Blitzstoß- oder im Rücken abgeschnittene Stoßspannungen,
- die Abschneidezeit T_c für in der Stirn abgeschnittene Stoßspannungen;
- die Scheitelzeit T_p für Schaltstoßspannungen.

ANMERKUNG 1 Ein Messsystem kann einen, zwei oder mehrere Nennzeiträume für verschiedene Stoßformen aufweisen. Ein bestimmtes Messsystem könnte beispielsweise anerkannt werden

- für volle Blitzstoßspannungen mit einem festgesetzten Maßstabsfaktor F_1 über einen Nennzeitraum τ_{N1} von $T_1 = 0,8 \mu\text{s}$ bis $T_1 = 1,8 \mu\text{s}$,
- für in der Stirn abgeschnittene Blitzstoßspannungen mit einem festgesetzten Maßstabsfaktor F_2 über einen Nennzeitraum τ_{N2} von $T_c = 0,5 \mu\text{s}$ bis $T_c = 0,9 \mu\text{s}$,
- für Schaltstoßspannungen mit einem festgesetzten Maßstabsfaktor F_3 über einen Nennzeitraum τ_{N3} von $T_p = 150 \mu\text{s}$ bis $T_p = 500 \mu\text{s}$.

ANMERKUNG 2 Der Begriff "in der Stirn abgeschnittene Stoßspannung" wird verwendet, um eine abgeschnittene Stoßspannung zu bezeichnen, deren Abschneidezeit im Bereich von $0,5 \mu\text{s}$ bis $2 \mu\text{s}$ liegt zur Unterscheidung von „im Rücken abgeschnittene Stoßspannungen“, eine Abschneidezeit größer $2 \mu\text{s}$ aufweisen.

3.5 Parameter der Antwortfunktion

3.5.1

Parameter der Antwortfunktion

Parameter, die von der gemessenen Übertragungsfunktion oder gemessenen Sprungantwort unter Anwendung des festgelegten Berechnungsverfahrens abgeleitet werden

ANMERKUNG Für detaillierte Sprungantwortparameter siehe Anhang C.

3.5.2

Grenzfrequenzen

untere und obere Grenzen (f_1 und f_2) eines Frequenzbereiches, innerhalb dessen die Übertragungsfunktion annähernd konstant ist (siehe Bild 1)

ANMERKUNG Diese Grenzwerte sind diejenigen Frequenzen, bei denen die Übertragungsfunktion zum ersten Mal um einen bestimmten Betrag vom konstanten Wert abweicht. Üblicherweise beträgt die Abweichung – 3 dB, was etwa – 30 % entspricht.

3.5.3

Äquivalente Zeit T_E

Zeitparameter für Wellenformen, die zur Kalibrierung benutzt werden:

- für Gleichspannungsmesssysteme wird T_E willkürlich auf 100 ms festgesetzt;

- für Wechselspannungsmesssysteme entspricht T_E einem Viertel der Periodendauer;
- für Stoßspannungsmesssysteme entspricht T_E der Scheitelzeit T_p (für Blitzstoßspannung ist die entsprechende Definition für Schaltstoßspannungen zu verwenden).

3.6 Begriffe zur Unsicherheit

3.6.1

Toleranz

beschreibt die zugelassene Abweichung zwischen dem gemessenen und festgelegten Wert

ANMERKUNG 1 Diese Abweichung sollte von der Unsicherheit der Messung unterschieden werden.

ANMERKUNG 2 Der gemessene Prüfstrom sollte innerhalb der genannten Toleranz des festgelegten Prüfwertes liegen.

3.6.2

Messunsicherheit

Parameter in Verbindung mit einem Messergebnis, der die Streuung der Werte charakterisiert, die sinnvoll der Messgröße zugeordnet werden können [IEV 311-01-02]

ANMERKUNG 1 Die Messunsicherheit ist positiv und wird ohne Vorzeichen angegeben.

ANMERKUNG 2 Die Unsicherheit der Spannungsmessung sollte nicht mit der Toleranz der Prüfspannung verwechselt werden.

ANMERKUNG 3 Für weitere Informationen siehe Anhang A und B.

3.6.3

Standardunsicherheit

Unsicherheit eines Messergebnisses ausgedrückt durch die Standardabweichung [GUM 2.3.1]

ANMERKUNG 1 Die Standardunsicherheit in Verbindung mit einem Schätzwert einer Messgröße hat die gleiche Dimension wie die Messgröße.

ANMERKUNG 2 In einigen Fällen kann die relative Standardunsicherheit geeignet sein, die sich aus der Standardunsicherheit der Messung dividiert durch die Messgröße ergibt, und somit dimensionslos ist.

3.6.4

Kombinierte Standardunsicherheit

Standardunsicherheit eines Messergebnisses, wenn dieses Ergebnis aus den Werten einer Anzahl von anderen Größen ermittelt wurde, gleich der positiven Quadratwurzel einer Summe von Termen, wobei diese die Varianz oder Kovarianz dieser anderen Größen darstellen, gewichtet nach der Variation der Messergebnisse in Abhängigkeit der Änderung dieser Größen [GUM 2.3.4]

3.6.5

Erweiterte Unsicherheit

Größe, die ein Intervall des Messergebnisses festlegt, das erwartungsgemäß einen großen Teil der Verteilung der Werte enthält, die sinnvoll der Messgröße zugeordnet werden [GUM 2.3.5 ohne Anmerkungen]

ANMERKUNG 1 Erweiterte Unsicherheit ist die beste Annäherung zum Begriff Gesamtunsicherheit in früheren Ausgaben dieser Norm.

ANMERKUNG 2 Erweiterte Unsicherheit eines Maßstabsfaktor ist die kombinierte Standardunsicherheit multipliziert mit einem Erweiterungsfaktor k , der alle Einflüsse auf den Maßstabsfaktor berücksichtigt, die im Intervall zwischen zwei Kalibrierungen des Messsystems oder seiner Komponenten auftreten können.

3.6.6

Erweiterungsfaktor

Zahlenwert der als Multiplikator mit der kombinierten Standardunsicherheit eingesetzt wird, um die erweiterte Unsicherheit zu erhalten [GUM 2.3.6 ohne Anmerkung]

3.6.7

Rückführbarkeit

Merkmal eines Messergebnisses oder der Wert eines Messnormales, das auf bestimmte Messnormale, in der Regel nationale oder internationale Messnormale, durch eine ununterbrochene Kette von Vergleichsmessungen bezogen werden kann, die all die festgelegten Unsicherheiten aufweisen [IEV 311-01-15]

3.7 Begriffe zur Prüfung von Messsystemen

3.7.1

Kalibrierung

Reihe von Maßnahmen, die unter Bezug auf Messnormale eine Beziehung unter festgelegten Bedingungen zwischen einer Anzeige und dem Ergebnis einer Messung festlegt

3.7.2

Abnahmeprüfung

vertragliche festgelegte Prüfung zum Nachweis für den Kunden, dass das Gerät bestimmte Bedingungen seiner Spezifikation erfüllt. In der Regel umfasst es die Stückprüfung und den Nachweis der Typprüfungsergebnisse [IEV 151-16-23, modifiziert]

3.7.3

Typprüfung

Prüfung eines oder mehrerer Messsysteme oder seiner Komponenten einer bestimmten Bauform um die zeigen, dass bestimmte Spezifikationen von dieser Bauform erfüllt werden [IEV 411-53-01, modifiziert]

3.7.4

Stückprüfung

Konformitätsprüfung an jedem einzelnen Messsystem oder seiner Komponenten während oder nach der Herstellung [IEV 151-16-17, modifiziert]

3.7.5

Eignungsprüfung

Prüfung eines vollständigen Messsystems, um es unter Betriebsbedingungen zu charakterisieren

ANMERKUNG Kalibrierung ist ein obligatorischer Teil der Eignungsprüfung.

3.7.6

Kontrollmessung

vereinfachtes Prüfverfahren, um sicherzustellen, dass die letzte Eignungsprüfung noch gültig ist

3.7.7

Referenzaufzeichnung (nur für Stoßspannungsmesssysteme)

eine Aufzeichnung, die unter vorgeschriebenen Bedingungen während einer Eignungsprüfung erstellt und aufbewahrt wird, um sie mit Aufzeichnungen zu vergleichen, die während zukünftiger Prüfungen oder Kontrollen unter den gleichen Bedingungen aufgenommen werden

ANMERKUNG Referenzaufzeichnungen werden oft „Fingerprints“ genannt und zur Charakterisierung des dynamischen Verhaltens verwendet. Bei Stoßspannungsmesssystemen werden dafür üblicherweise die Sprungantwortmessungen verwendet.

3.7.8

Identifikationsakte eines Messsystems

ein Dokument das mit der Beschreibung des Messsystems alle Aufzeichnungen von Prüfungen und Kontrollen enthält, die gemäß dieser Norm durchgeführt wurden

4 Qualifizierung und Anwendung von Messsystemen

4.1 Allgemeine Prinzipien

Anerkannte Messsysteme müssen während ihrer gesamten Lebensdauer Abnahmeprüfungen, gefolgt von Eignungsprüfungen und Kontrollmessungen unterzogen werden. Diese Eignungsprüfungen und Kontrollmessungen müssen bestätigen, dass das Messsystem die vorgesehenen Prüfspannungen mit den in dieser Norm festgelegten Unsicherheiten messen kann und die Messungen rückführbar sind.

Die folgenden Prüfungen sind erforderlich

- Abnahmeprüfungen an den Systemkomponenten;
- Eignungsprüfungen des Systems (regelmäßig, siehe 4.2);
- Kontrollmessungen des Systems (regelmäßig, siehe 4.3).

Die wesentliche Forderung an Messumformer, Übertragungssysteme und Messinstrumente, die in Messsystemen verwendet werden, ist Stabilität innerhalb des angegebenen Bereichs der Betriebsbedingungen, so dass der Maßstabsfaktor des Messsystems über lange Zeit konstant bleibt.

Der Maßstabsfaktor wird in Eignungsprüfungen ermittelt.

Prüffelder müssen die in dieser Norm festgelegten Prüfungen durchführen, um ihre Messsysteme zu qualifizieren. Wahlweise kann ein Prüffeld Eignungsprüfungen auch durch nationale Metrologische Institute oder Kalibrierlabore durchführen lassen, die für die zu kalibrierende Größe akkreditiert sind.

Jede Kalibrierung muss auf nationale oder internationale Messnormale rückführbar sein. Es liegt in der Verantwortung des Prüffeldes sicherzustellen, dass jede Kalibrierung durch qualifiziertes Personal mit geeigneten Referenzmesssystemen durchgeführt wird und dass die einwandfreie Rückführbarkeit des Referenzmesssystems gewährleistet ist.

ANMERKUNG Kalibrierungen durch ein Kalibrierlabor, das für die Größen akkreditiert ist, die kalibriert und in der Akkreditierung aufgeführt sind, sind als auf nationale oder internationale Messnormale rückführbare Kalibrierungen anzusehen.

4.2 Abstand zwischen aufeinander folgenden Eignungsprüfungen

Um die geforderten Eigenschaften eines Messsystems zu erhalten, ist die Bestimmung des festgesetzten Maßstabsfaktors in regelmäßigen Abständen zu wiederholen. Es wird empfohlen, die Eignungsprüfung jährlich zu wiederholen, aber in jedem Fall ist sie mindestens einmal alle drei Jahre zu wiederholen.

Eignungsprüfungen müssen nach größeren Reparaturen am Messsystem durchgeführt werden und wenn eine neue Prüfanordnung benutzt wird, die außerhalb der in der Identifikationsakte angegebenen Festlegung liegt.

Wenn Eignungsprüfungen erforderlich werden, weil eine Kontrollmessung eine signifikante Abweichung des festgesetzten Maßstabsfaktors zeigt, ist die Ursache hierfür vor der Eignungsprüfung zu ermitteln.

4.3 Abstand zwischen aufeinander folgenden Kontrollmessungen

Kontrollmessungen müssen in Abständen wiederholt werden, die sich aus der bislang ermittelten Stabilität des Messsystems gemäß der Identifikationsakte ergeben. Der Abstand zur letzten Eignungsprüfung oder zur letzten Kontrollmessungen darf nicht länger als ein Jahr sein.

Für ein neues oder repariertes Messsystem müssen Kontrollmessungen in kurzen Abständen durchgeführt werden, um seine Stabilität darzulegen. Kontrollmessungen müssen nach jedem Transport des Messsystems, z. B. beim Einsatz bei Vor-Ort Prüfungen, gemacht werden.

E DIN IEC 60060-2 (VDE 0432-2):2007-08

Für Kontrollmessungen wird kein Referenzverfahren angegeben, da die geforderte Genauigkeit geringer als bei Eignungsprüfungen ist. Anwender, die höhere Genauigkeit ihrer Messsysteme fordern, sollten Kontrollmessungen öfter durchführen.

4.4 Anforderungen an die Identifikationsakte

4.4.1 Allgemeines

Die Ergebnisse aller Eignungsprüfungen und Kontrollmessungen sowie die Dokumentation der Umstände, unter denen die Prüfungen und Kontrollmessungen durchgeführt wurden, müssen in der Identifikationsakte (elektronisch oder in Papierform) aufbewahrt werden, die vom Anwender zu erstellen und zu unterhalten ist. Die Identifikationsakte muss eindeutig die Komponenten des Messsystems beschreiben und so strukturiert sein, dass die Eigenschaften des Messsystems zeitlich nachvollziehbar sind.

Die Identifikationsakte muss mindestens die folgenden Abschnitte beinhalten:

- allgemeine Beschreibung des Messsystems;
- Ergebnisse der Abnahmeprüfung an Messumformern, Übertragungssystem(en) und Messinstrument(en);
- Ergebnisse von Stückprüfung(en) am Messsystem, sofern sie durchgeführt wurden;
- Ergebnisse von nachfolgenden Eignungsprüfungen am Messsystem;
- Ergebnisse von nachfolgenden Kontrollmessungen am Messsystem.

ANMERKUNG Im Allgemeinen liegt eine Beschreibung des Messsystems vor einschließlich der wichtigsten Daten und Eignung des Messsystems wie Bemessungsspannung, Wellenform, Mindestabstände, Betriebsdauer, maximale Anwendungshäufigkeit. Für viele Messsysteme sind Information über das Übertragungssystem und die Erdungsverhältnisse wichtig. Falls erforderlich ist eine Beschreibung der Komponenten des Messsystems einschließlich z. B. des Typs und der Kennzeichnung des Messinstruments beizufügen.

4.4.2 Ausnahmen

Für Messgeräte und Messeinrichtungen, die vor Ausgabe der IEC 60060-2: 1994 hergestellt wurden und für die der Nachweis einiger Größen der Abnahmeprüfung nicht verfügbar ist, sind Eignungsprüfungen und Kontrollmessungen in Übereinstimmung mit früheren Versionen dieser Norm als gleichwertig zu betrachten unter der Voraussetzung, dass sie einen stabilen Maßstabsfaktor zeigen. Die Ergebnisse dieser früheren Messungen müssen ebenfalls in der Identifikationsakte festgehalten werden.

Anerkannte Messsysteme, die aus mehreren austauschbaren Komponenten bestehen, dürfen in einer einzigen Identifikationsakte mit allen möglichen Kombinationen und den geringst möglichen Wiederholungen dokumentiert werden. Insbesondere muss jeder Messumformer eine eigene Identifikationsakte besitzen, während Übertragungssysteme und Messinstrumente allgemein beschrieben werden dürfen, indem beispielsweise ein Bereich von Kabellängen oder ähnliche Messinstrumente benannt werden, die den betreffenden IEC Normen genügen.

4.5 Anwendungsbedingungen

Ein anerkanntes Messsystem für Spannungen muss direkt an die Klemmen des Prüflings angeschlossen werden. Die Verbindungen sollten eine möglichst niedrige Impedanz aufweisen. Die parasitäre Kopplung zwischen Prüf- und Messkreis ist zu minimieren.

ANMERKUNG Parasitäre Kopplung kann vernachlässigt werden, wenn die Abstände nicht geringer sind als die Höhe des Messumformers.

Ein anerkanntes Messsystem muss mindestens die für den vorgesehenen Betrieb geforderte Messunsicherheit aufweisen.

Falls nicht anders festgelegt, müssen Messsysteme für Gleich- und Wechselspannung für Dauerbetrieb ausgelegt sein.

Falls nicht anders festgelegt, muss die maximale Anwendungshäufigkeit von Stoßmesssystemen zwei Stöße je Minute betragen.

Der Bereich der Umgebungsbedingungen, bei denen die Komponenten des Messsystems die Anforderungen dieser Norm für Spannungsmessungen erfüllen, muss angegeben werden.

4.6 Unsicherheit

Ein nach dieser Norm qualifiziertes Messsystem soll beim Einsatz in Prüfungen hinsichtlich der für diese Messung relevanten Unsicherheiten bewertet werden. Verfahren für eine solche Bewertung sind im ISO Leitfaden „Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen“ (Guide to the expression of uncertainty in measurements - GUM) enthalten.

Das Grundkonzept des GUM, ergänzt durch Beispiele, ist im Anhang A und B dargestellt. Geeignete Verfahren zur Bestimmung der Unsicherheiten wurden aus dem GUM ausgewählt und in diesem Dokument für die Anwendung aufgeführt. Sie wurden als ausreichend für den Unsicherheitsbereich bei Hochspannungsprüfung angesehen.

Im Allgemeinen wird der Maßstabsfaktor des Messsystems als Messgröße angesehen, aber in einigen Fällen sind auch andere Größen wie die Abweichung der Zeitparameter eines Impulses zu beachten.

ANMERKUNG Andere Begriffe für spezielle Messumformer sind durchaus üblich. Ein Spannungsteiler ist z. B. charakterisiert durch das Teilverhältnis und die Unsicherheit im verwendeten Bereich. Ein Spannungswandler ist charakterisiert durch seine Übersetzungsfehler, die Phasenverschiebung und die dazugehörigen Unsicherheiten.

Nach dem GUM wird die Unsicherheit einer Messgröße bestimmt aus der Kombination der Unsicherheitsbeiträge des Typs A und B (siehe Anhang A). Die Beiträge werden ermittelt aus Messungen, aus dem Herstellerhandbuch, aus den Kalibrierungsunterlagen und aus sinnvollen Abschätzungen der Einflussgrößen während der Messung. Zum Beispiel umfassen die Einflussgrößen Temperatur, Näherungseffekte, Störungen usw.

Es ist üblicherweise erforderlich, zusätzliche und größere Werte dieser Einflussgrößen während der aktuellen Hochspannungsprüfungen in einem Prüffeld zu berücksichtigen. Dann ist die in der Kalibrierurkunde festgehaltene Unsicherheit des Maßstabsfaktors um zusätzliche Beiträge zu vergrößern um die Messunsicherheit des Wertes der Prüfspannung zu erhalten.

Ein Leitfaden zur Bestimmung der zu beachtenden Beiträge zur Unsicherheit und deren Kombination ist in Abschnitt 5 und in den Anhängen A und B gegeben. Die Unsicherheit muss als erweiterte Unsicherheit ausgedrückt werden für einen Vertrauensbereich von etwa 95 %, der in den meisten Fällen einem Erweiterungsfaktor $k = 2$ unter Annahme einer Normalverteilung entspricht.

5 Prüfungen und Prüfungsanforderungen für ein anerkanntes Messsystem und dessen Komponenten

5.1 Allgemeine Anforderungen

Der festgesetzte Maßstabsfaktor des Messsystems wird durch Kalibrierung mit den festgelegten Eignungsprüfungen bestimmt. Für Stoßspannungsmesssystem zeigen Eignungsprüfungen auch, dass das dynamische Verhalten für die festgelegten Messungen geeignet ist, und dass Störungen unterhalb der festgelegten Grenzen bleiben. Wegen der großen Abmessungen der Geräte solle eine Kalibrierung vorzugsweise vor Ort durch Vergleich mit einem Referenzmesssystem erfolgen.

Jedoch können Messsysteme vor allem kleinerer Abmessungen oder deren Komponenten in ein anderes Labor zur Kalibrierung in einer Umgebung gebracht werden, die die Betriebsbedingungen nachbildet, vorausgesetzt dass der Störungstest, wenn erforderlich, im Prüffeld des Anwenders durchgeführt wird.

Wenn ein Messumformer empfindlich gegen Näherungseffekte ist, dann muss der festgelegte Maßstabsfaktor für jede Einsatzbedingung gemessen werden. Alle Abstände oder Abstandsbereiche müssen in der Identifikationsakte vermerkt werden.

E DIN IEC 60060-2 (VDE 0432-2):2007-08

Die Eingangsspannung bei der Kalibrierung sollte von gleicher Art, Frequenz und Wellenform sein wie die zu messenden Spannungen. Wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, müssen die entsprechenden Beiträge zur Unsicherheit berücksichtigt werden.

Die bevorzugte Kalibriermethode zur Bestimmung des festgesetzten Maßstabsfaktors eines Messsystems ist der Vergleich mit einem Referenzmesssystem bei Bemessungsspannung (siehe 5.3.3), wenn immer es möglich ist. Da aber Referenzmesssysteme für die höchsten Spannungen nicht immer verfügbar sind, darf die vergleichende Messung bei Spannungen durchgeführt werden, die lediglich 20 % des Bemessungsmessspannung betragen, vorausgesetzt dass die Linearität von diesem Punkt bis zur Bemessungsmessspannung nachgewiesen wird.

Als Alternative darf der festgesetzte Maßstabsfaktor durch Messung des Maßstabsfaktors aller Komponenten bestimmt werden, üblicherweise bei Niederspannung, indem alle Maßstabsfaktoren der Komponenten multipliziert werden (siehe 5.3.4), vorausgesetzt, dass die Linearität von Niederspannung bis zur Bemessungsmessspannung nachgewiesen wird.

Alle für die Bestimmung des Maßstabsfaktors von Messsystemen eingesetzten Geräte und alle in den Messsystemen enthaltenen Messgeräte müssen eine auf nationale normale rückführbare Kalibrierung aufweisen. Die Kalibrierbedingungen sind in der Identifikationsakte aufzuführen.

Die Unsicherheit des Maßstabsfaktors, bestimmt durch die Referenzmethode oder die alternative Methode, ist zu ermitteln (siehe 5.11 und Anhang A).

5.2 Anwendbarkeit

Die in diesem Abschnitt beschriebenen Prüfungen werden für Komponenten von Messsystemen gefordert. Sie sind allerdings nicht erforderlich für Übertragungssysteme, die nur aus koaxialen Kabeln bestehen, sowie ebenfalls nicht für Messgeräte, die den Anforderungen der in Abschnitt 2 zitierten Normen genügen. Einige dieser Prüfungen können nicht an bestehenden Geräten durchgeführt werden; in diesen Fällen siehe 4.4.2.

Siehe Tabelle 1 bis 4 in den Abschnitten 6 bis 9 um die entsprechenden Prüfungen für jedes Messsystem zu finden.

5.3 Kalibrierung – Bestimmung des Maßstabsfaktor

5.3.1 Allgemeines

Maßstabsfaktoren können für ein vollständiges Messsystem durch Vergleich mit einem Referenzmesssystem bestimmt werden. Diese Methode wird bevorzugt.

Der Maßstabsfaktor eines Messsystems kann auch mit den Maßstabsfaktoren seiner Komponenten bestimmt werden. Der Maßstabsfaktor des vollständigen Messsystems ist das Produkt der Maßstabsfaktoren seiner Komponenten. Die Unsicherheit des Maßstabsfaktors muss sorgfältig ermittelt werden (siehe Anhang B).

5.3.2 Kalibrierung der Komponenten

Die Bestimmung des Maßstabsfaktors der Komponenten darf durch eine der folgenden Methoden erfolgen:

- Vergleich mit einer Referenzkomponente (z. B. ein Spannungsteiler mit einem Referenzspannungsteiler);
- gleichzeitige Messung der Eingangs- und Ausgangsgröße;
- Brückenmethode oder genaue Messung des Übersetzungsverhältnisses mit Niederspannung;
- Berechnung, basierend auf gemessenen Impedanzen;
- Sprungantwort und Faltung (siehe Anhang C und D).

Weitere Prüfungen an Messumformern, Übertragungssystemen (andere als Kabel) und Messinstrumenten müssen gemäß den in den Abschnitten 5.4 bis 5.11 beschriebenen Prüfungen erfolgen.

5.3.3 Kalibrierung eines Messsystems durch Vergleich mit einem Referenzmesssystem (Referenzmethode)

Die Referenzmethode ist die bevorzugte Kalibriermethode. Ein Referenzmesssystem mit ausreichender Bemessungsmessspannung ist parallel mit dem zu kalibrierenden Messsystem zu verbinden. Gleichzeitige Ablesungen sind an beiden Systemen vorzunehmen; der für jede Messung vom Referenzmesssystem erhaltene Wert der Eingangsgröße ist durch den entsprechenden Ablesewert des zu prüfenden Systems zu teilen, um einen Wert F_i seines Maßstabsfaktors zu erhalten. Das Verfahren wird n -mal wiederholt, um einen Mittelwert F_{mk} des Maßstabsfaktors des Systems bei der Prüfspannung U_k zu erhalten:

$$F_{mk} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_i$$

Der Mittelwert F_m ist der festgelegte Maßstabsfaktor. Die Standardabweichung der Einzelwerte ist gegeben durch:

$$s = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (F_i - F_{mk})^2 \right]^{1/2}$$

Dieses führt zum Typ A der Standardunsicherheit des Vergleiches.

$$u_{Ak} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

ANMERKUNG 1 Üblicherweise sind nicht mehr als $n = 10$ unabhängige Ablesungen erforderlich.

ANMERKUNG 2 Für Messungen von Gleichspannung und Wechselspannung können unabhängige Ablesungen dadurch erreicht werden, dass bei anliegender Prüfspannung n Ablesungen erfolgen oder bei n -maligem Anlegen der Prüfspannung jeweils eine Ablesung erfolgt. Bei Stoßspannung erfolgt eine Beaufschlagung mit n -Stößen.

Das Verfahren muss bei $k = 5$ Spannungswerten (maximaler und minimaler Wert des Betriebsspannungsbereiches und 3 etwa gleichverteilte Spannungswerte) wiederholt werden. Der Maßstabsfaktor F_m für die weitere Bewertung ist der Mittelwert aus den 5 Werten, die Standardunsicherheit ist die größte aus den 5 Werten unter der Voraussetzung, dass die Abweichungen vom Wert F_m innerhalb von 1 % liegen.

$$F_m = \frac{1}{5} \sum_{k=1}^5 F_{mk}$$

$$u_A = \max_{k=1}^5 u_{Ak}$$

Wenn das Referenzmesssystem keine Kalibrierung bis zur Bemessungsmessspannung des zu kalibrierenden Messsystems ermöglicht, ist ein Linearitätstest durchzuführen (siehe Abschnitt 5.4) um zu zeigen, dass der festgesetzte Maßstabsfaktor über den gesamten Betriebsspannungsbereich angewendet werden kann.

Die Unsicherheit des Vergleichs u_A und des Referenzmesssystems u_N und die Typ B Unsicherheitsbeiträge der verschiedenen Einflussgrößen 5.4 bis 5.9, die in diesem Abschnitt beschrieben sind, sollten bei der Bewertung der Unsicherheit der Kalibrierung berücksichtigt werden.

Ein Messsystem mit verschiedenen Maßstabsfaktoren (z. B. ein Spannungsteiler mit verschiedenen Niederspannungsteilen) muss für jeden Maßstabsfaktor kalibriert werden. Messsysteme mit einem Sekundär-Abschwächer können in einer Stellung kalibriert werden, wenn mit anderen Prüfungen gezeigt werden kann, dass die Belastung des Messumformers für alle Einstellungen konstant ist. In solchen Fällen muss der vollständige Bereich des Sekundär-Abschwächers getrennt kalibriert werden.

5.3.4 Bestimmung des Maßstabsfaktors eines Messsystems durch die seiner Komponenten (Alternative Methode)

Der festgesetzte Maßstabsfaktor eines Messsystems ist festgelegt als das Produkt aus dem Maßstabsfaktor seines Messumformers, seines Übertragungssystems, eines Sekundär-Abschwächers und seines Messgerätes.

Für den Messumformer und das Übertragungssystem oder der Kombination daraus ist der Maßstabsfaktor nach einem der in 5.3.2 angegebenen Verfahren zu bestimmen.

Der Maßstabsfaktor des Messgerätes ist nach den relevanten Normen (siehe Abschnitt 2, vor allem IEC 61083-1 und -2) zu bestimmen oder durch eine Kalibrierung und Prüfungen nach Abschnitt 5.

ANMERKUNG 1 Es ist dafür Sorge zu tragen, sicher zu stellen, dass die angemessene Streukapazität oder Einkopplung und die gegenseitige Beeinflussung der Komponenten in den Messungen eingeschlossen sind.

ANMERKUNG 2 Es ist dafür Sorge zu tragen, eine korrekte Bestimmung der Unsicherheit des Messsystems durch Anwendung der Regeln der Anhänge A und B, vor allem des Beispiels B2, sicher zu stellen.

5.4 Linearitätsprüfung

5.4.1 Allgemeine Verfahren

Die Prüfung hat den Sinn einer Erweiterung des Gültigkeitsbereiches des Maßstabsfaktors von der höchsten Spannung, bei der die Kalibrierung stattgefunden hat, bis zur Bemessungsmessspannung.

Die Ausgangsgröße des Messsystems ist mit einem Gerät oder einem System zu vergleichen, dass seine Linearität nachgewiesen hat oder das als linear über den gesamten Spannungsbereich angenommen werden kann (siehe 5.4.2). Fehler beim Nachweis der Linearität durch Anwendung eines solchen Verfahrens bedeutet nicht notwendigerweise, dass das System nicht linear ist; Gründe für den Fehler sollten aufgedeckt werden. Das Verhältnis der Ablesewerte von Messsystem und dem Vergleichsgerät oder -system ist für 5 Spannungswerte zu ermitteln im Bereich von der maximalen Betriebsmessspannung bis zu einer Spannung, die niedrig genug ist, um den Spannungswert zu umfassen, bei dem der Maßstabsfaktor bestimmt wurde.

Die Auswertung der Linearität basiert auf der maximalen Abweichung des Maßstabsfaktors F_k vom Mittelwert F_m der fünf Verhältnisse der gemessenen Spannung zu der entsprechenden Spannung des Vergleichsgerätes. Die maximale Abweichung wird als Typ B Schätzwert der Standardunsicherheit im Bezug auf die Konstanz des Maßstabsfaktors genommen:

$$u_{B1} = \frac{1}{\sqrt{3}} \max_{k=1}^5 \left| \frac{F_k}{F_m} - 1 \right|$$

5.4.2 Verfahren in der Reihenfolge ihrer vermuteten Durchführbarkeit

5.4.2.1 Vergleich mit einem anerkannten Messsystem

Die Ausgangsgröße des Messsystems ist mit der Ausgangsgröße eines anerkannten Messsystems gemäß dem in 5.3.3 beschriebenen Verfahren zu prüfen.

ANMERKUNG Die Linearität eines anerkannten Messsystems muss vorzugsweise mit dem Referenzverfahren während der Kalibrierung nach 5.3.3 ermittelt worden sein.

5.4.2.2 Vergleich mit der Eingangsspannung eines linearen Hochspannungsgenerators

Die Ausgangsgröße des Messsystems ist mit der Eingangsspannung eines Hochspannungsgenerators unter Berücksichtigung der Spannungswerte zu prüfen.

ANMERKUNG 1 Die Methode ist vor allem für Ladespannung von mehrstufigen Stoßspannungsgeneratoren oder die Eingangswchselspannung von mehrstufigen Gleichspannungsgeneratoren geeignet. AC-Eingang eines mehrstufigen DC-Generators.

ANMERKUNG 2 Es ist auf eine gleichmäßige Aufladung aller Stufen des Spannungsgenerators zu achten. Es ist eine hinreichend lange Zeit zur Ladung aller Stufen zu gewähren, bevor der Generator getriggert wird.

5.4.2.3 Vergleich mit der Ausgangsgröße eines elektrischen Feldmessgerätes (Feldsonde)

Das Messsystem kann mit einem auf das elektrische Feld reagierenden Messsystem geprüft werden, das ein der Spannung proportionales Feld misst. Die Einrichtung muss frei von sichtbaren und hörbaren Entladungen sein. Das elektrische Feldmesssystem muss ein für die zu messenden Spannungsart geeignetes Übertragungsverhalten aufweisen.

ANMERKUNG Dieses Verfahren ist für Wechselspannung und Stoßspannung geeignet.

5.4.2.4 Vergleich mit einer Messfunkenstrecke gemäß IEC 60052

Das Messsystem für Wechselspannung oder Blitz/Schaltstoßspannung kann mit einer Kugelfunkenstrecke geprüft werden. Für ein Gleichspannungsmesssystem muss eine Stab-Stab Funkenstrecke benutzt werden. In beiden Fällen ist der Vergleich in Übereinstimmung mit den Regelungen in IEC 60052 zu machen.

Der vollständige Linearitätstest ist in so kurzer Zeit durchzuführen, dass sich die Umgebungsbedingungen nicht ändern und somit eine Korrektur nicht erforderlich ist.

5.4.2.5 Verfahren für mehrstufige Messumformer (Spannungsteiler)

Für einen aus mehreren identischen Hochspannungseinheiten bestehenden Messumformer ist eine Prüfung in folgenden drei Schritten zu machen:

- ein Typtest an einem vollständigen äquivalenten Messumformer (ausgestattet mit seinen Elektroden) nach den Abschnitten 6 bis 9,
- Messung der Kapazität und/oder des Widerstandes jeder Hochspannungseinheit bei fünf gleichmäßig verteilten Spannungswerten (ähnlich wie in 5.4.1 festgelegt). Der Maßstabsfaktor ist für jeden Spannungswert aus den Werten der Kapazität und/oder des Widerstandes und der Niederspannungseinheit zu berechnen.
- der vollständig zusammengebaute Messumformer darf keine sichtbaren oder hörbaren Entladungen bei Bemessungsmessspannung aufweisen.

5.5 Dynamisches Verhalten

5.5.1 Allgemeines

Die Antwortfunktionen einer Komponente oder eines Messsystems sind unter typischen Betriebsbedingungen zu ermitteln, vor allem Abstände zu geerdeten oder spannungsführenden Strukturen. Es sind entweder die Übertragungsfunktion (Gleichspannung oder Wechselspannung) oder der Maßstabsfaktor und die Zeitparameter bei der oberen und unteren Grenze des Nennzeitraumes zu messen (5.5.3). Für die Anwendung der Sprungantwort siehe Anhang C.

Die größte Abweichung des Maßstabsfaktors innerhalb des Nennzeitraumes liefert ein Typ B Schätzwert der Standardabweichung bezüglich des dynamischen Verhaltens:

$$u_{B2} = \frac{1}{\sqrt{3}} \max \left| \frac{F_i}{F_m} - 1 \right|$$

wenn F_i die einzelnen Maßstabsfaktoren sind und F_m das mittlere Verhältnis für Parameter innerhalb des Nennzeitraumes.

5.5.2 Bestimmung der Übertragungsfunktion einer Komponente

Das Messsystem wird mit einer sinusförmigen Eingangsgröße bekannter Frequenz und üblicherweise niedrigem Pegel beaufschlagt, und die Ausgangsgröße wird gemessen. Diese Messung wird in einem angemessenen Frequenzbereich wiederholt. Die Abweichungen des Maßstabsfaktors sind gemäß der oben aufgeführten Gleichung (5.5.1) auszuwerten.

5.5.3 Vergleichsmethode für Stoßspannungsmesssysteme

Die Aufzeichnungen der Stoßspannungen während der Kalibrierung des Maßstabsfaktors, beschrieben in 5.3.3, sind für die Grenzen des Nennzeitraumes zu verwenden und die entsprechende Spannung und die Zeitparameter sind gemäß der Gleichung in 5.5.1 auszuwerten.

ANMERKUNG Für die Messung und Auswertung der Sprungantwort siehe Anhang C.

5.6 Kurzzeitstabilitätsprüfung

Für einen Zeitraum, welcher der vorgesehenen Verwendung entspricht, ist die volle Bemessungsspannung im Dauerbetrieb (oder im Fall von Stößen mit maximaler Wiederholungsrate) an das Gerät anzulegen.

Der Maßstabsfaktor ist vor und unmittelbar nach (innerhalb von 10 min) dem Anlegen der Spannung zu messen.

Das Ergebnis der Prüfungen zeigt die Änderung des Maßstabsfaktors innerhalb der Spannungsbeanspruchungszeit, aus der der Beitrag der Standardunsicherheit als Typ B Schätzwert bestimmt werden kann

$$u_{B3} = \frac{1}{\sqrt{3}} \left| \frac{F_{\text{nach}}}{F_{\text{vor}}} - 1 \right|$$

wenn F_{vor} und F_{nach} die Maßstabsfaktoren vor bzw. nach der Kurzzeitprüfung sind.

5.7 Langzeitstabilität

Die Langzeitstabilität kann von Herstellerdaten übernommen oder durch aufeinander folgende Eignungsprüfungen gezeigt werden.

Das Ergebnis der Schätzung liefert einen Typ Beitrag zur Standardunsicherheit:

$$u_{B4} = \frac{1}{\sqrt{3}} \left| \frac{F_{\text{nach}}}{F_{\text{vor}}} - 1 \right|$$

wenn F_{vor} und F_{nach} die Maßstabsfaktoren vor bzw. nach der Langzeitprüfung sind, bzw. nach zwei aufeinander folgenden Eignungsprüfungen.

ANMERKUNG Die Langzeitstabilität wird üblicherweise für einen Zeitraum von einem Jahr angegeben.

5.8 Umgebungstemperatureinfluss

Der Maßstabsfaktor eines Messsystems kann durch die Umgebungstemperatur beeinflusst werden. Dieses kann durch Prüfungen oder Berechnungen auf Basis der Eigenschaften der Komponenten ermittelt werden. Einzelheiten der Prüfung oder der Berechnungen sind in der Identifikationsakte festzuhalten.

Korrekturfaktoren dürfen benutzt werden, wenn die Umgebungstemperatur in weiten Grenzen schwankt. Jede Anwendung etwaiger Temperaturkorrekturen ist in der Identifikationsakte aufzuzeichnen.

Das Ergebnis der Prüfung – oder Auswertung – ist die Abweichung des Maßstabsfaktors vom kalibrierten bei Kalibrierungstemperatur.

Die Standardunsicherheit durch die Umgebungstemperatur ist die folgende Typ B Schätzung:

$$u_{B5} = \frac{1}{\sqrt{3}} \left| \frac{F_T}{F_{kal}} - 1 \right|$$

wenn F_T der Maßstabsfaktor bei der zu betrachtenden Temperatur und F_{kal} der Maßstabsfaktor bei der Kalibrierungstemperatur ist.

ANMERKUNG 1 Wenn die Abweichung zwischen F_T und F_{kal} größer als 1 % ist, wird eine Korrektur des Maßstabsfaktors empfohlen.

ANMERKUNG 2 Der Selbsterwärmungseffekt wird durch die Kurzzeitstabilität berücksichtigt.

5.9 Näherungseffekt

Änderungen des Maßstabsfaktors oder eines anderen Parameters eines Gerätes aufgrund des Näherungseffektes werden durch Messungen mit verschiedenen Abständen von einer geerdeten Wand oder einer unter Spannung stehenden Struktur bestimmt.

Das Ergebnis der Prüfungen ist die Änderung des Maßstabsfaktors, aus der der Typ B Beitrag der Standardunsicherheit bestimmt werden kann:

$$u_{B6} = \frac{1}{\sqrt{3}} \left| \frac{F_{max}}{F_{min}} - 1 \right|$$

wenn F_{max} und F_{min} die Maßstabsfaktoren beim kleinsten und größten Abstand zu anderen Objekten sind.

ANMERKUNG 1 Verschiedene Werte von u_{B6} können für verschiedene Abstandsbereiche auftreten.

ANMERKUNG 2 Betreiber von Prüflaboren dürfen wählen, ob sie ihre Messsysteme nur für eine einzige Aufstellungsart oder für wenige Aufstellungsarten anerkennen lassen.

5.10 Erweiterte Unsicherheit des Maßstabsfaktors

Ein vereinfachtes Verfahren zur Bestimmung der erweiterten Unsicherheit des Maßstabsfaktors U_F wird hier beschrieben. Es basiert auf einigen Annahmen, welche in vielen Fällen der Spannungskalibrierung im Hochspannungsbereich mit einem Unsicherheitsbereich von etwa 1 % zutreffen können, aber in jedem einzelnen Fall nachzuweisen sind:

- i) es gibt keine Korrelation zwischen den Messgrößen,
- ii) Bei den mit Typ B ausgewerteten Standardunsicherheiten wird eine Rechteck Verteilung angenommen, und

– Entwurf –

E DIN IEC 60060-2 (VDE 0432-2):2007-08

iii) es sind mindestens drei Unsicherheitsbeiträge mit dem Typ B bestimmt worden und diese unterscheiden sich nicht sehr in ihre Wert.

Diese Annahmen führen zu einer eher einfachen Gleichung für die Auswertung der erweiterten Unsicherheit U_F des Maßstabsfaktor F (siehe Anhang A):

$$\begin{aligned} U_F = k u_c &= 2 \sqrt{u_A^2 + u_N^2 + u_{B1}^2 + u_{B2}^2 + \dots + u_{B7}^2 + \dots} \\ &= 2 \sqrt{u_A^2 + u_N^2 + \sum_{i=1}^N u_{Bi}^2} \end{aligned}$$

wenn

$k = 2$ der Erweiterungsfaktor für eine Überdeckungswahrscheinlichkeit von etwa 95 % und Normalverteilung ist;

u_c die kombinierte Standardunsicherheit des durch Kalibrierung festgelegten Maßstabsfaktors;

u_A die Standardunsicherheit des mit der Typ-A-Methode nach 5.3.3 bestimmten Maßstabsfaktors;

u_N die Standardunsicherheit des Referenzmesssystems (N) ist, berechnet aus der erweiterten Unsicherheit U_M , dividiert durch den entsprechenden Erweiterungsfaktor k_N (üblicherweise $k_N = 2$). Dieses führt zu einem Typ B Beitrag mit Normalverteilung.

u_{Bi} der Beitrag zur Standardunsicherheit des Maßstabsfaktors ist, hervorgerufen durch den i-ten Einflusswert und ausgewertet mit der Typ-B-Methode gemäß 5.4 bis 5.9.

In den Fällen, wo die aufgeführten Annahmen nicht gültig sind, müssen die im Anhang A und B, oder, falls erforderlich, die im GUM beschriebenen Verfahren angewendet werden.

Die Zahl N der Typ Unsicherheitsbeiträge kann für verschiedene Spannungspegel unterschiedlich sein (Abschnitt 6 bis 9). Mehr Informationen über die Typ B Beiträge sind in den entsprechenden Abschnitten und in den Anhängen A und B enthalten.

ANMERKUNG 1 Zusätzliche Beiträge können in einzelnen Fällen von Bedeutung sein und sollten berücksichtigt werden. Ein Beispiel ist das Überspringen einer Blitzstoßspannung bei Vergleichsmessungen.

ANMERKUNG 2 Im Fall einer Eignungsprüfung (3.7.5) eines Messsystems durch Vergleich mit einem Referenzmesssystem kann die erweiterte Unsicherheit des festgelegten Maßstabsfaktors U_F berechnet werden, wenn alle Unsicherheitsbeiträge innerhalb der Betriebsbedingungen bis zur nächsten Kalibrierung berücksichtigt werden. In diesem Fall kann U_F angenommen werden als der größte Wert der erweiterten Unsicherheit der Spannungsmessung $U_M < U_{SF}$ (siehe Anhang B).

ANMERKUNG 3 Wenn der festgelegte Maßstabsfaktor des Messsystems aus denen seiner Komponenten berechnet wird (5.1), muss die Standardunsicherheit der Kalibrierung der Komponenten mit denen kombiniert werden, die die weiteren Bedingungen des Messsystems und seiner Umgebung beschreiben (siehe Anhang B).

5.11 Störfestigkeitsprüfung (Übertragungssystem und Messgerät für Stoßspannungsmessungen)

Die Prüfung ist mit einem Messsystem durchzuführen, dessen Kabel oder Übertragungssystem an den Eingangsklemmen kurzgeschlossen wird ohne Änderung der Erdverbindungen des Kabels oder des Übertragungssystems. Eine Störgröße ist am Eingang des Messsystems durch einen Spannungszusammenbruch eines Impulses mit ähnlicher Amplitude und Wellenform wie der bei der Hochspannungsprüfung verwendete zu erzeugen und das Messgerät muss die Ausgangsgröße aufzeichnen.

Das Störsignalverhältnis wird bestimmt als die größte Amplitude der gemessenen Störung dividiert durch die Ausgangsgröße des Messsystems bei Prüfspannung.

Für eine erfolgreiche Störfestigkeitsprüfung sollte die größte Amplitude des gemessenen Störsignals weniger als 1 % des Ausgangssignals des Messsystems bei Prüfspannung betragen. Störsignale größer 1 % sind zulässig, falls nachgewiesen werden kann, dass dieses die Messungen nicht beeinflusst.

5.12 Stehspannungsprüfung des Messumformers

Ein Messumformer muss in trockenem Zustand einer Prüfung unterzogen werden, mit einer Spannung der geforderten Frequenz oder der Kurvenform und 110 % der Bemessungsspannung. Zur Durchführung von Stehspannungsprüfungen siehe IEC 60060-1.

Falls erforderlich, werden Regen- oder Fremdschichtprüfungen als Typprüfungen durchgeführt.

Die Stehspannungsprüfungen sind bei der Polarität oder den Polaritäten durchzuführen, für die das Messsystem vorgesehen ist.

ANMERKUNG Auslegung und Konstruktion jeder Komponenten eines anerkannten Messsystems sollten so sein, dass ein Überschlag des Prüfobjektes nicht zu einer Veränderung der Eigenschaften führt.

6 Gleichspannungsmessung

6.1 Anforderungen an ein anerkanntes Messsystem

6.1.1 Allgemeines

Die generelle Anforderung ist den Wert der Prüfspannung (arithmetisches Mittel) mit einer erweiterten Messunsicherheit $U_M \leq 3\%$ zu messen.

Diese Grenze der Messunsicherheit darf auch bei Anwesenheit von Welligkeit, deren Amplitude innerhalb der in IEC 60060-1 angegebenen Grenzen liegt, nicht überschritten werden.

ANMERKUNG Es wird auf das mögliche Vorhandensein von Wechselspannungen hingewiesen, die in das Messsystem einkoppeln und so die Ablesung des Messgeräts beeinträchtigen können.

6.1.2 Unsicherheitsbeiträge

Für ein Gleichspannungsmesssystem ist die erweiterte Unsicherheit U_M nach 5.10 und, falls notwendig, nach Anhang A und B zu ermitteln. Die einzelnen zu berücksichtigenden Beiträge und Grenzwertempfehlungen sind in Tabelle 1 gegeben. Andere Beiträge können in bestimmten Fällen wichtig sein und sollten zusätzlich berücksichtigt werden.

Eine einzelne Grenze der Standardabweichung darf überschritten werden, wenn gezeigt werden kann, dass die erweiterte Unsicherheit innerhalb der festgelegten Grenzen für den Wert der Prüfspannung bleibt.

ANMERKUNG Es kann angenommen werden, dass die erweiterte Messunsicherheit U_M nicht größer ist als die für den Maßstabsfaktor U_F des eingesetzten anerkannten Messsystems, wenn dieses Vor-Ort kalibriert und alle Unsicherheitsbeiträge im gesamten Einsatzbereich berücksichtigt wurden (5.10, Anmerkung 2).

6.1.3 Stabilität der Maßstabsfaktoren

Die Maßstabsfaktoren des Messumformers und des Übertragungssystems dürfen innerhalb der in der Identifikationsakte angegebenen Grenzen von Umgebungstemperatur und Feuchtigkeit um nicht mehr als $\pm 1\%$ schwanken.

Ein Messumformer für Gleichspannung ist so zu konstruieren, dass alle Leckströme auf seiner äußeren Oberfläche direkt zur Erde abgeleitet werden, und dass innere Leckströme in Bezug auf den Messstrom vernachlässigbar sind.

– Entwurf –

E DIN IEC 60060-2 (VDE 0432-2):2007-08

ANMERKUNG Um ein hinreichend niedriges Verhältnis von Leck- zu Messstrom zu erhalten, kann ein Messstrom von 0,5 mA bei Bemessungsspannung erforderlich sein.

Messgeräte müssen die Anforderungen von Klasse 0,5 nach IEC 60051 erfüllen oder müssen nach dieser Norm geprüft werden.

6.1.4 Dynamisches Verhalten zur Messung ansteigender Spannungen

Die Antwort des Messsystems sollte nach weniger als 2 s innerhalb von $\pm 1\%$ seines Endwertes liegen, wenn das Messsystem mit einer Sprungantwort beaufschlagt wird.

ANMERKUNG 1 In einigen Fällen wird die Antwortzeit eines Messumformers viel kleiner als 0,5 s gewählt, um das Verhalten bei möglichen Überschlügen im Prüfkreis zu verbessern. Um aber zu vermeiden, dass eine der Hochspannungsquelle überlagerte Welligkeit die Messung beeinflusst, sollte die Antwortzeit des Messsystems (einschließlich des Messgeräts) größer als $5/f$ sein, wobei f die Grundfrequenz der Welligkeit bezeichnet.

ANMERKUNG 2 In bestimmten Fällen, z. B. bei Fremdschichtprüfungen, kann es notwendig sein, transiente Komponenten zu erfassen und zu messen. Hierfür werden keine Anforderungen festgelegt, aber einige Hinweise können aus Abschnitt 8 entnommen werden.

ANMERKUNG 3 Wenn nur Gleichspannung zu messen ist, sollte sich das Übertragungsverhalten des Messsystems um nicht mehr als $\pm 2\%$ zwischen Gleichspannung und 0,1 Hz ändern.

6.2 Prüfungen an einem anerkannten Messsystem

Nach Abschnitt 5 sind die folgenden Prüfungen (Tabelle 1) für die Qualifikation eines Messsystems oder seiner Komponenten und für die Schätzung der Messunsicherheit notwendig; für Ausnahmen siehe 4.4.2.

Die Ergebnisse der Typprüfung und Stückprüfung können aus den Herstellerdaten entnommen werden. Eignungsprüfungen sind an jeder Einheit durchzuführen.

Tabelle 1 – Prüfungen für ein anerkanntes Gleichspannungsmesssystem

Art der Prüfung	Typprüfung	Stückprüfung	Eignungsprüfung	Kontrollmessung	geforderte Standardunsicherheit
Kalibrierung des Maßstabsfaktors durch Vergleich Unsicherheit des Referenzmesssystems			5.3.5/5.3.4		$u_A \leq 0,5 \%$ $u_N \leq 0,5 \%$
Kontrolle des Maßstabsfaktors				6.3	Bestanden
Linearität des Messumformers		5.1/5.4	5.1/5.4		$u_{B1} \leq 0,6 \%$
Dynamisches Verhalten	5.1/5.6/6.1.4				$u_{B2} \leq 0,6 \%$
Kurzzeitstabilität		5.1/5.6			$u_{B3} \leq 0,6 \%$
Langzeitstabilität	5.1/5.7				$u_{B4} \leq 0,6 \%$
Umgebungstemperatureffekte	5.1/5.8				$u_{B5} \leq 0,6 \%$
Näherungseffekt	5.1/5.9 (falls erforderlich)		5.9		$u_{B6} \leq 0,6 \%$
Maßstabsfaktor bei Frequenz der Welligkeit	6.4.3		6.4.3 (falls erforderlich)		$u_F \leq 10 \%$
Dynamisches Verhalten bei Welligkeit, obere -3 dB Grenzfrequenz f_2 im Verhältnis zur Frequenz f der Welligkeit			6.4.4 (falls erforderlich)		$u_B \leq 2 \%$
Stehspannungsprüfung des Messumformers im trockenen Zustand	5.12	5.12 (falls erforderlich)			Bestanden
Regen oder Fremdschicht Stehspannungsprüfung des Messumformers	5.12 (falls erforderlich)				Bestanden
Kalibrierung der Komponenten (alternatives Verfahren)					
Maßstabsfaktor des Messumformer		5.3.2			$u_c \leq 1,2 \%$
Maßstabsfaktor des Übertragungssystems außer Kabel		5.3.2			$u_t \leq 1 \%$
Maßstabsfaktor des Messgerätes		5.3.2			$u_i \leq 1,2 \%$
Verantwortlichkeit	Hersteller, für Komponenten		Anwender, für das System		
Empfohlene Wiederholungsrate	nur einmal (Abnahmeprüfung)		jährlich, mindestens einmal alle 3 Jahre	gemäß der Stabilität, aber mindestens einmal jährlich	

ANMERKUNG 1 Die Standardabweichungen der aufgeführten Prüfungen liefern die erweiterte Unsicherheit des Maßstabsfaktors des anerkannten Messsystems U_F (5.10), die als Messunsicherheit U_M unter den in 6.1.2 beschriebenen Bedingungen verwendet werden kann. Für alle anderen Fälle siehe Anlage A und B.

ANMERKUNG 2 Die oben aufgeführte Liste der Prüfungen sollte auch, wenn möglich, für Einzelkomponenten eingesetzt werden. Die Messunsicherheiten der Komponenten werden wie in Anhang B kombiniert, um die Messunsicherheit des anerkannten Messsystems zu erhalten.

6.3 Kontrollmessung

6.3.1 Allgemeines

Der Maßstabsfaktor oder die Maßstabsfaktoren eines anerkannten Messsystems können mit einem der beiden folgenden Verfahren überprüft werden.

6.3.2 Vergleich mit einem anerkannten Messsystem

Ein Vergleich mit einem anderen anerkannten Messsystems ist nach dem Verfahren aus 5.3.3 oder mit einer Stab-Stab Funkenstrecke nach IEC 60052 durchzuführen. Falls die Abweichung zwischen den beiden gemessenen Werten innerhalb von $\pm 2\%$ liegt, wird der festgesetzte Maßstabsfaktor als noch gültig angesehen. Falls die Abweichung größer ist, muss ein neuer Wert für den festgesetzten Maßstabsfaktor ermittelt werden (siehe 4.2, dritter Absatz).

6.3.3 Überprüfung der Maßstabsfaktoren der Komponenten

Der oder die Maßstabsfaktor(en) jeder Komponenten sind mit Hilfe von internen oder externen Kalibratoren zu überprüfen, deren Unsicherheit innerhalb von $\pm 0,5\%$ liegt. Falls die Abweichung jedes Maßstabsfaktors vom vorherigen Wert nicht größer als 1% ist, wird der festgesetzte Maßstabsfaktor als noch gültig angesehen. Falls irgendeine Abweichung 1% überschreitet, muss ein neuer Wert für den festgesetzten Maßstabsfaktor ermittelt werden (siehe 4.2, dritter Absatz).

6.4 Messung der Amplitude der Welligkeit

6.4.1 Anforderungen an ein anerkanntes Messsystem

Die Welligkeitsamplitude ist mit einer erweiterten Messunsicherheit von nicht mehr als 10% der Welligkeitsamplitude oder 1% des arithmetischen Mittelwerts der Gleichspannung zu messen; es gilt der jeweils größere dieser beiden Werte.

Getrennte Messsysteme können benutzt werden, um den Mittelwert der Gleichspannung und die Welligkeitsamplitude zu messen, oder der gleiche Messumformer kann mit zwei verschiedenen Messgeräten benutzt werden.

Die unter 6.4.2 und 6.4.4 angeführten Prüfungen sind ausschließlich für Messsysteme zur Messung der Amplitude der Welligkeit zu verwenden.

6.4.2 Unsicherheitsbeiträge

Für ein System zur Messung der Welligkeit ist die Unsicherheit nach Anhang A zu bestimmen und zusätzlich sind die in 5.4 bis 5.9 aufgeführten Unsicherheitsbeiträge zu berücksichtigen. Andere Beiträge können in einzelnen Fällen wichtig sein und die hier gegebene Information dient lediglich als Anleitung.

6.4.3 Messung des Maßstabsfaktors bei der Frequenz der Welligkeit

Der Maßstabsfaktor des Messsystems muss bei der Grundfrequenz f der Welligkeit mit einer erweiterten Unsicherheit von nicht mehr als 10% bestimmt werden. Dieser Maßstabsfaktor kann als Produkt der Maßstabsfaktoren der Komponenten bestimmt werden.

6.4.4 Dynamisches Verhalten

6.4.4.1 Anforderungen

Die obere -3 dB Grenzfrequenz f_2 der Übertragungsfunktion des Messsystems muss größer das Zehnfache der Grundfrequenz f der Welligkeit betragen.

6.4.4.2 Direkte Bestimmung des Übertragungsverhaltens

Das Messsystem ist mit einer sinusförmigen Spannung bekannter Amplitude zu beaufschlagen, üblicherweise bei niedrigem Pegel, und die Ausgangsgröße ist zu messen. Diese Messung ist innerhalb eines angemessenen Frequenzbereiches (siehe 6.4.4.1) zu wiederholen, die Differenz der gemessenen Spannungen muss innerhalb von $\pm 30\%$ liegen (entsprechend 3 dB).

7 Wechselspannungsmessung

7.1 Anforderungen an ein anerkanntes Messsystem

7.1.1 Allgemeines

Die generelle Anforderung ist den Scheitelwert oder den Effektivwert der Prüfspannung bei ihrer Nennfrequenz mit einer erweiterten Messunsicherheit $U_M \leq 3\%$ zu messen.

7.1.2 Unsicherheitsbeiträge

Für ein Wechselspannungsmesssystem ist die erweiterte Unsicherheit U_M nach 5.10 und, falls notwendig, nach Anhang A und B zu ermitteln, einschließlich der in 5.4 bis 5.9 erwähnten Unsicherheitsbeiträge. Andere Beiträge können in einzelnen Fällen wichtig sein und die hier gegebene Information dient lediglich als Anleitung.

Ein Überblick und Empfehlungen für die Grenzen der einzelnen Unsicherheitsbeiträge sind in Tabelle 2 aufgeführt. Jedoch darf eine einzelne Grenze der Standardabweichung überschritten werden, wenn gezeigt werden kann, dass die erweiterte Unsicherheit innerhalb der festgelegten Grenzen bleibt.

ANMERKUNG Es kann angenommen werden, dass die erweiterte Messunsicherheit U_M nicht größer ist als die für den Maßstabsfaktor U_F des eingesetzten anerkannten Messsystems, wenn dieses Vor-Ort kalibriert und alle Unsicherheitsbeiträge im gesamten Einsatzbereich berücksichtigt wurden (5.10, Anmerkung 2).

7.1.3 Stabilität des Maßstabsfaktors des Messgerätes

Messgeräte müssen die Anforderungen von Klasse 0,5 nach IEC 60051 erfüllen oder müssen nach dieser Norm geprüft werden. Wenn ein Scheitelspannungsmessgerät eingesetzt wird, darf dessen Messunsicherheit nicht größer als 1 % sein.

7.1.4 Dynamisches Verhalten

Die Antwort des Messsystems darf sich nicht um mehr als $\pm 1\%$ innerhalb des 0,2-fachen bis Siebenfachen der Frequenz der Prüfspannung ändern. Besondere Anforderungen an das dynamische Verhalten können durch das zuständige Technische Komitee festgelegt werden.

ANMERKUNG 1 Die Einschränkungen bezüglich des dynamischen Verhaltens sollen dazu dienen, dass der Amplitudenfehler für andere Frequenzanteile als die Nennfrequenz, z. B. für harmonische Oberschwingungen, nicht wesentlich zur Unsicherheit im Wert der gemessenen Prüfspannung beiträgt.

ANMERKUNG 2 In bestimmten Fällen kann es notwendig sein, der Wechselspannung überlagerte transiente Spannungen zu messen. Hierfür werden keine Anforderungen festgelegt, aber einige Hinweise können aus diesem Abschnitt entnommen werden.

ANMERKUNG 3 Einige Spannungsquellen erzeugen keine Oberschwingungen (z. B. Serienresonanzanlagen).

7.2 Prüfungen an einem anerkannten Messsystem

Abschnitt 5 sind die folgenden in Tabelle 2 aufgeführten Prüfungen für die Qualifikation eines Wechselspannungsmesssystems oder seiner Komponenten und für die Schätzung der Messunsicherheit notwendig; für Ausnahmen siehe 4.4.2.

Die Ergebnisse der Typprüfung und Stückprüfung können aus den Herstellerdaten entnommen werden. Eignungsprüfungen sind an jeder Einheit durchzuführen.

Tabelle 2 – Prüfungen für ein anerkanntes Wechselspannungsmesssystem

Art der Prüfung	Typprüfung	Stückprüfung	Eignungsprüfung	Kontrollmessung	geforderte Standardunsicherheit
Kalibrierung des Maßstabsfaktors durch Vergleich Unsicherheit des Referenzmesssystems			5.3.5/5.3.4		$u_A \leq 0,5 \%$ $u_N \leq 0,5 \%$
Kontrolle des Maßstabsfaktors				7.4	Bestanden
Linearität des Messumformers		5.1/5.4	5.1/5.4		$u_{B1} \leq 0,6 \%$
Dynamisches Verhalten	5.5		5.5/7.3 (falls erforderlich)		$u_{B2} \leq 0,6 \%$
Kurzzeitstabilität		5.1/5.6			$u_{B3} \leq 0,6 \%$
Langzeitstabilität	5.1/5.7				$u_{B4} \leq 0,6 \%$
Umgebungstemperatureffekte	5.1/5.8				$u_{B5} \leq 0,6 \%$
Näherungseffekt	5.1/5.9 (falls erforderlich)		5.9		$u_{B6} \leq 0,6 \%$
Stehspannungsprüfung des Messumformers im trockenen Zustand	5.12	5.12 (falls erforderlich)			Bestanden
Regen oder Fremdschicht Stehspannungsprüfung des Messumformers	5.12 (falls erforderlich)				Bestanden
Kalibrierung der Komponenten (alternatives Verfahren)					
Maßstabsfaktor des Messumformer		5.3.2			$u_c \leq 1,2 \%$
Maßstabsfaktor des Übertragungssystems außer Kabel		5.3.2			$u_t \leq 1 \%$
Maßstabsfaktor des Messgerätes		5.3.2			$u_i \leq 1,2 \%$
Verantwortlichkeit	Hersteller, für Komponenten		Anwender, für das System		
Empfohlene Wiederholungsrate	nur einmal (Abnahmeprüfung)		jährlich, mindestens einmal in 3 Jahren	gemäß der Stabilität, aber mindestens einmal jährlich	

ANMERKUNG 1 Die Standardabweichungen der aufgeführten Prüfungen liefern die erweiterte Unsicherheit des Maßstabsfaktors des anerkannten Messsystems U_F (5.10), die als Messunsicherheit U_M unter den in 7.1.2 beschriebenen Bedingungen verwendet werden kann. Für alle anderen Fälle siehe Anlage A und B.

ANMERKUNG 2 Die oben aufgeführte Liste der Prüfungen sollte auch für Einzelkomponenten wenn möglich eingesetzt werden. Die Messunsicherheiten der Komponenten werden wie in Anhang B kombiniert, um die Messunsicherheit des anerkannten Messsystems zu erhalten.

7.3 Prüfung des dynamischen Verhaltens

Das Messsystem ist mit einer sinusförmigen Spannung bekannter Amplitude zu beaufschlagen, üblicherweise bei niedrigem Pegel, und die Ausgangsgröße ist zu messen. Diese Messung ist innerhalb eines ange-

E DIN IEC 60060-2 (VDE 0432-2):2007-08

messenen Frequenzbereiches zu wiederholen. Das Ergebnis muss in Übereinstimmung mit Abschnitt 7.1.4 sein.

7.4 Kontrollmessung

7.4.1 Allgemeines

Der Maßstabsfaktor oder die Maßstabsfaktoren eines anerkannten Messsystems können mit einem der beiden folgenden Verfahren überprüft werden.

7.4.2 Vergleich mit einem anerkannten Messsystem

Ein Vergleich mit einem anderen anerkannten Messsystems ist nach dem Verfahren aus 5.3.3 oder mit einer Kugel-Kugel Funkenstrecke nach IEC 60052 durchzuführen.

Falls die Abweichung zwischen den beiden gemessenen Werten innerhalb von $\pm 2\%$ liegt, wird der festgesetzte Maßstabsfaktor als noch gültig angesehen. Falls die Abweichung größer ist, muss ein neuer Wert für den festgesetzten Maßstabsfaktor ermittelt werden (siehe 4.2).

7.4.3 Überprüfung der Maßstabsfaktoren der Komponenten

Der oder die Maßstabsfaktor(en) jeder Komponenten sind mit Hilfe von internen oder externen Kalibratoren zu überprüfen, deren Unsicherheit innerhalb von $\pm 0,5\%$ liegt. Falls die Abweichung jedes Maßstabsfaktors vom vorherigen Wert nicht größer als 1% ist, wird der festgesetzte Maßstabsfaktor als noch gültig angesehen. Falls irgendeine Abweichung 1% überschreitet, muss ein neuer Wert für den festgesetzten Maßstabsfaktor ermittelt werden (siehe 4.2).

8 Messung von Blitzstoßspannung

8.1 Anforderungen an ein anerkanntes Messsystem

8.1.1 Allgemeines

Die generellen Anforderungen sind:

- Messung des Scheitelwertes von Vollwellen, die den in IEC 60060-1 festgelegten Prüfspannungsformen entsprechen, mit einer erweiterten Messunsicherheit $U_M \leq 3\%$;
- Messung des Scheitelwertes von abgeschnittenen Stoßspannungen mit einer erweiterten Messunsicherheit U_M , die von der Abschnidezeit T_c wie folgt abhängt:
 - für im Rücken abgeschnittene Stoßspannungen $U_{M1} \leq 3\%$ (für $T_c \geq 2\ \mu\text{s}$)
 - für in der Stirn abgeschnittene Stoßspannungen $U_{M2} \leq 5\%$ (für $0,5\ \mu\text{s} \leq T_c < 2\ \mu\text{s}$)
- Messung der Zeitparameter, die die Stoßform bestimmen, mit einer erweiterten Messunsicherheit $U_{M3} \leq 10\%$
- Messung der Schwingungen, die einem Stoß überlagert sein können, um sicherzustellen, dass sie die nach IEC 60060-1 festgelegten Pegel nicht überschreiten.

ANMERKUNG Für die Messung von Spannungszusammenbrüchen können noch keine Empfehlungen ausgesprochen werden, da bislang noch kein IEC Gerätekomitee Anforderungen festgelegt hat.

8.1.2 Unsicherheitsbeiträge

Für ein Blitzstoßspannungsmesssystem ist die erweiterte Unsicherheit U_M nach 5.10 und, falls notwendig, nach Anhang A und B zu ermitteln, einschließlich der in 5.4 bis 5.9 erwähnten Unsicherheitsbeiträge. Andere Beiträge können in einzelnen Fällen wichtig sein und die hier gegebene Information dient lediglich als Anleitung.

Ein Überblick und Empfehlungen für die Grenzen der einzelnen Unsicherheitsbeiträge sind in Tabelle 3 aufgeführt. Jedoch darf ein einzelnes Kriterium überschritten werden, wenn gezeigt werden kann, dass die erweiterte Unsicherheit innerhalb der festgelegten Grenzen bleibt.

ANMERKUNG Es kann angenommen werden, dass die erweiterte Messunsicherheit U_M nicht größer ist als die für den Maßstabsfaktor U_F des eingesetzten anerkannten Messsystems, wenn dieses Vor-Ort kalibriert und alle Unsicherheitsbeiträge im gesamten Einsatzbereich berücksichtigt wurden.

8.1.3 Stabilität des Maßstabsfaktors

Die Maßstabsfaktoren des Messumformers und des Übertragungssystems dürfen innerhalb des in der Identifikationsakte angegebenen Bereichs von Temperatur und geometrischen Abständen um nicht mehr als ± 1 % schwanken.

Das Messgerät muss IEC 61083 entsprechen.

8.1.4 Dynamisches Verhalten

Das dynamische Verhalten eines Messsystems ist für die Messung von Scheitelspannungen und Zeitparametern innerhalb des Nennzeitraumes für in der Identifikationsakte angegebene Stoßformen ausreichend, wenn

- der Maßstabsfaktor innerhalb der folgenden Grenzen konstant ist:
 - innerhalb von ± 1 % für Vollwellen und im Rücken abgeschnittene Stoßspannungen;
 - innerhalb von ± 3 % für in der Stirn abgeschnittene Stoßspannungen;
- die erweiterte Messunsicherheit der vom Messsystem gemessenen Zeitparameter innerhalb von ± 10 % liegt.

Um Schwingungen zu messen, die einem Stoß überlagert sein können, sollten die folgenden Bedingungen an die obere Grenzfrequenz f_2 des Messsystems oder an die Teilantwortzeit T_α eingehalten werden:

für Schwingungen im Scheitel: $f_2 > 5$ MHz

für Schwingungen in der Stirn: $f_2 > 10$ MHz

ANMERKUNG Vorzugsweise sollte ein Messsystem für die Messung aller geforderten Größen verwendet werden, z. B. Scheitelwert, Zeitparameter und Schwingungen. Zahlreiche Systeme können für die Messung des Scheitelwertes und der Zeitparameter anerkannt sein, jedoch nicht zur Messung von Schwingungen. In einem solchen Fall dürfen das Messsystem für Messungen von Scheitelwerten und Zeitparametern und ein Hilfssystem zur Messung der Schwingungen anerkannt werden.

8.1.5 Verbindungen zum Prüfobjekt

Der Messumformer muss direkt an die Klemmen des Prüfobjekts angeschlossen werden. Der Messumformer darf nicht zwischen der Spannungsquelle und dem Prüfling angeschlossen werden. Die Zuleitung zum Messumformer darf nur den Messstrom führen. Der Messumformer soll so angeordnet werden, dass die Kopplung zwischen Prüf- und Messkreis zu vernachlässigen ist.

8.2 Prüfungen eines anerkannten Messsystems

Nach Abschnitt 5 sind die folgenden in Tabelle 3 aufgeführten Prüfungen für die Qualifikation eines Blitzstoßspannungsmesssystems oder seiner Komponenten und für die Schätzung der Messunsicherheit notwendig; für Ausnahmen siehe 4.4.2.

Die Ergebnisse der Typprüfung und Stückprüfung können aus den Herstellerdaten entnommen werden. Eignungsprüfungen sind an jeder Einheit durchzuführen.

Tabelle 3 – Prüfungen für ein anerkanntes Blitzstoßspannungsmesssystem

Art der Prüfung	Typprüfung	Stückprüfung	Eignungsprüfung	Kontrollmessung	geforderte Standardunsicherheit
Kalibrierung des Maßstabsfaktors/Zeitparameter durch Vergleich Unsicherheit des Referenzmesssystems			5.3.3/8.3		$u_A \leq 1,0 \% ^1$ $u_A \leq 2,0 \% ^2$ $u_A \leq 2,0 \% ^3$ $u_N \leq 0,5 \% ^1$ $u_N \leq 1,5 \% ^2$ $u_N \leq 2,5 \% ^3$
Kontrolle des Maßstabsfaktors				8.5	Bestanden
Linearität des Messumformers		5.1/5.4	5.4		$u_{B1} \leq 0,6 \% ^1$ $u_{B1} \leq 1,7 \% ^2$ $u_{B1} \leq 3,2 \% ^3$
Dynamisches Verhalten	5.5		5.5/8.4	8.5 (Kontrolle)	$u_{B2} \leq 0,6 \% ^1$ $u_{B2} \leq 1,7 \% ^2$ $u_{B2} \leq 3,2 \% ^3$
Kurzzeitstabilität		5.1/5.6			$u_{B3} \leq 0,6 \% ^1$ $u_{B3} \leq 1,7 \% ^2$ $u_{B3} \leq 3,2 \% ^3$
Langzeitstabilität	5.1/5.7				$u_{B4} \leq 0,6 \% ^1$ $u_{B4} \leq 1,7 \% ^2$ $u_{B4} \leq 3,2 \% ^3$
Umgebungstemperatureffekte	5.1/5.8				$u_{B5} \leq 0,6 \% ^1$ $u_{B5} \leq 1,7 \% ^2$ $u_{B5} \leq 3,2 \% ^3$
Näherungseffekt	5.1/5.9 (falls erforderlich)		5.9		$u_{B6} \leq 0,6 \% ^1$ $u_{B6} \leq 1,7 \% ^2$ $u_{B6} \leq 3,2 \% ^3$
Störfestigkeitsprüfung			5.11	5.11	Bestanden
Stehspannungsprüfung des Messumformers im trockenen Zustand	5.12	5.12 (falls erforderlich)			Bestanden
Regen oder Fremdschicht Stehspannungsprüfung des Messumformers	5.12 (falls erforderlich)				Bestanden
Kalibrierung der Komponenten (alternatives Verfahren)					
Maßstabsfaktor/Zeitparameter des Messumformer		5.3.2			$u_{B6} \leq 1,2 \% ^1$ $u_{B6} \leq 2,5 \% ^2$ $u_{B6} \leq 5,5 \% ^3$
Maßstabsfaktor/Zeitparameter des Übertragungssystems außer Kabel		5.3.2			$u_{B6} \leq 1,2 \% ^1$ $u_{B6} \leq 2,5 \% ^2$ $u_{B6} \leq 5,5 \% ^3$
Maßstabsfaktor/Zeitparameter des Messgerätes	5.3.2	5.3.2			$u_{B6} \leq 1, \% ^1$ $u_{B6} \leq 2,5 \% ^2$ $u_{B6} \leq 5,5 \% ^3$
Verantwortlichkeit	Hersteller, für Komponenten		Anwender, für das System		¹⁾ volle und im Rücken abgeschnittene Stöße ²⁾ in der Stirn abgeschnittene Stöße ³⁾ für Zeitparameter
Empfohlene Wiederholungsrate	nur einmal (Abnahmeprüfung)		jährlich, mindestens einmal innerhalb von 3 Jahren	gemäß der Stabilität, aber mindestens einmal jährlich	

ANMERKUNG 1 Die Standardabweichungen der aufgeführten Prüfungen liefern die erweiterte Unsicherheit des Maßstabsfaktors des anerkannten Messsystems U_F (5.10), die als Messunsicherheit U_M unter den in 8.1.2 beschriebenen Bedingungen verwendet werden kann. Für alle anderen Fälle siehe Anlage A und B.

ANMERKUNG 2 Die oben aufgeführte Liste der Prüfungen sollte auch für Einzelkomponenten wenn möglich eingesetzt werden. Die Messunsicherheiten der Komponenten werden wie in Anhang B kombiniert, um die Messunsicherheit des anerkannten Messsystems zu erhalten.

8.3 Eignungsprüfungen an Messsystemen

8.3.1 Referenzmethode

Der festgesetzte Maßstabsfaktor und das dynamische Verhalten des Messsystems sind durch vergleichende Messungen mit Hilfe eines Referenzmesssystems nach dem in 5.3.3 beschriebenen Verfahren zu ermitteln. Der Nennzeitraum ist durch Verwendung zweier Stoßformen in folgender Art zu ermitteln:

Für volle und im Rücken abgeschnittene Stoßspannungen:

- die kürzere Stirnzeit $t_{\min}$
- die längere Stirnzeit $t_{\max}$
- beide Stoßformen sollten die längste Rückenhalbwertszeit (näherungsweise) aufweisen, für die eine Anerkennung des Messsystems angestrebt wird.

Für in der Stirn abgeschnittene Stoßspannungen:

- die kürzere Abschnittszeit $t_{\min}$
- die längere Abschnittszeit $t_{\max}$

8.3.2 Alternative Methode ergänzt durch eine Sprungantwortmessung (Anhang C)

Der festgesetzte Maßstabsfaktor wird durch eine Vergleichsmessung mit einem Referenzmesssystem nach 5.3.3 bestimmt unter Anwendung einer vollen Stoßwelle mit einer Stirnzeit $T_{1\text{kal}}$ und einer Rückenhalbwertszeit, die etwa der längsten Rückenhalbwertszeit $T_{2\text{max}}$ entspricht, für die die Anerkennung angestrebt wird. (Alternativ kann er aus dem Maßstabsfaktoren der Komponenten bestimmt werden (5.3.4)).

Zusätzlich ist die Sprungantwort des Messsystems nach Anhang C zu messen. Das Referenzniveau oder die Referenzniveaus des Nennzeitraumes oder der Nennzeiträume, für die die Anerkennung angestrebt wird, dürfen vom Wert der Sprungantwort zurzeit $T_{1\text{kal}}$ um nicht mehr abweichen als

$\pm 1 \%$ für volle und im Rücken abgeschnittene Stoßspannungen, und

$\pm 3 \%$ für in der Stirn abgeschnittene Stoßspannungen

Die Sprungantwort darf sich im Zeitbereich von $t_{\min}$ bis $T_{2\text{max}}$ um nicht mehr als 5 % ändern, wobei $T_{2\text{max}}$ der längsten Rückenhalbwertszeit entspricht, für die die Anerkennung angestrebt wird.

8.4 Prüfung des dynamischen Verhaltens

8.4.1 Vergleich mit einem Referenzmesssystem (bevorzugt)

Die gleichen Aufzeichnungen aus den Prüfungen nach 8.3.1 können eingesetzt werden und die relevanten Zeitparameter der gemessenen Stoßspannungen, ausgewertet für jedes System, und die Unsicherheit der gemessenen Zeitparameter für das zu prüfende System sind auszuwerten.

ANMERKUNG $t_{\min}$ kann von einem Stoß $t_{\max}$ von einem anderen ausgewählt werden in den Fällen, wo eine Anerkennung für eine Gruppe von Stoßformen angestrebt wird. In solchen Fällen sollte die längste Rückenhalbwertszeit aller Stoßformen verwendet werden.

8.4.2 Alternative Methode basierend auf Faltung (Anhang D)

Das Messsystem ist mit einer Stoßspannung zu beanspruchen und die Eingangsgröße und die Ausgangsgröße sind zu messen. Die Eingangsgröße ist mit einem Messsystem zu erfassen, das eine flache Antwort im interessierenden Frequenzbereich aufweist. Der Stoß sollte eine Stirnzeit haben, die kürzer ist als die kürzeste Stirnzeit für die die Anerkennung abgestrebt wird. Die gesamte Dauer des Stoßes sollte passend zu der Art von Stößen sein, für die das zu prüfende System qualifiziert werden soll. Für Details siehe Anhang C.

8.4.3 Alternative Methode basierend auf Sprungantwortparametern (Anhang C)

Der Maßstabsfaktor des Messsystems ist durch irgendeine geeignete Methode zu bestimmen. Die Wellenform zur Bestimmung des Maßstabsfaktors muss innerhalb des Bereiches liegen, der durch die in Anhang D beschriebene Faltungsmethode abgedeckt wird.

Das dynamische Verhalten wird aus der Sprungantwort des Messsystems (aufgezeichnet gemäß Anhang C) und aus der Faltung der aufgezeichneten Sprungantwort mit der Nennwellenform bestimmt, für die die Anerkennung angestrebt wird. Aus der Faltung können die Fehler durch das Messsystem für verschiedene Wellenformen bestimmt werden. Die Änderung des Maßstabsfaktors innerhalb des Nennzeitraumes muss innerhalb von ± 1 % liegen.

8.5 Kontrollmessung

8.5.1 Kontrolle des Maßstabsfaktors

a) Überprüfung der Maßstabsfaktoren der Komponenten

Der oder die Maßstabsfaktoren jeder Komponente sind mit Hilfe von internen oder externen Kalibratoren zu überprüfen, deren Unsicherheit 1 % nicht überschreitet. Falls die Abweichung jedes Maßstabsfaktors vom vorherigen Wert nicht größer als 1 % ist, wird der festgesetzte Maßstabsfaktor als noch gültig angesehen. Falls irgendeine Abweichung 1 % überschreitet, muss ein neuer Wert für den festgesetzten Maßstabsfaktor ermittelt werden.

b) Überprüfung des Maßstabsfaktors mit einem Messsystem

Ein Vergleich mit einem anderen anerkannten Messsystem (oder mit einem Referenzmesssystem) ist nach dem Verfahren aus 5.3.3 oder mit einer Kugel-Kugel Funkenstrecke nach IEC 60052 durchzuführen.

Falls die Abweichung zwischen den beiden gemessenen Scheitelwerten nicht größer als 3 % (5 % bei Verwendung der Kugelfunkenstrecke) ist, wird der festgesetzte Maßstabsfaktor als noch gültig angesehen. Falls die Abweichung größer ist, muss ein neuer Wert für den festgesetzten Maßstabsfaktor durch eine Eignungsprüfung ermittelt werden.

Der Wert jedes Zeitparameters muss innerhalb von 10 % des mit dem anderen Messsystem gemessenen relevanten Wertes liegen. Wenn eine Differenz größer als 10 % ist dann muss der Nennzeitraum mit einer Eignungsprüfung bestimmt werden.

8.5.2 Kontrolle des dynamischen Verhaltens durch Referenzaufzeichnung

Die Sprungantwort des Messsystems ist nach der im Anhang C beschriebenen Methode aufzuzeichnen, wenn sie für eine Eignungsprüfung verwendet werden soll. Dieses ist in der Identifikationsakte zur Anwendung als Referenzaufzeichnung (Fingerprint) zu erwähnen, um eine Erkennung von Änderungen in nachfolgenden Kontrollprüfungen zu ermöglichen.

9 Messung von Schaltstoßspannung

9.1 Anforderungen an ein anerkanntes Messsystem

9.1.1 Allgemeines

Die generellen Anforderungen sind:

- Messung des Scheitelwertes von Schaltstoßspannungen mit einer erweiterten Messunsicherheit $U_M \leq 3 \%$;
- Messung der Zeitparameter, die die Stoßform bestimmen, mit einer erweiterten Messunsicherheit $U_{M3} \leq 10 \%$

9.1.2 Unsicherheitsbeiträge

Für ein Schaltstoßspannungsmesssystem ist die erweiterte Unsicherheit U_M gemäß 5.10 und, falls notwendig, nach Anhang A und B zu ermitteln, einschließlich der in den Abschnitten 5.4 bis 5.11 erwähnten Unsicherheitsbeiträge. Andere Beiträge können in einzelnen Fällen wichtig sein und die hier gegebene Information dient lediglich als Anleitung.

Grenzen der einzelnen Unsicherheitsbeiträge sind in Tabelle 4 aufgeführt. Ein einzelnes Kriterium darf überschritten werden, wenn gezeigt werden kann, dass die erweiterte Unsicherheit innerhalb der festgelegten Grenzen bleibt.

ANMERKUNG Es kann angenommen werden, dass die erweiterte Messunsicherheit U_M nicht größer ist als die für den Maßstabsfaktor U_F des eingesetzten anerkannten Messsystems, wenn dieses Vor-Ort kalibriert (5.11) und alle Unsicherheitsbeiträge im gesamten Einsatzbereich berücksichtigt wurden.

9.1.3 Stabilität des Maßstabsfaktors

Die Maßstabsfaktoren des Messumformers und des Übertragungssystems dürfen innerhalb des in der Identifikationsakte angegebenen Bereichs von Temperatur und geometrischen Abständen um nicht mehr als $\pm 1 \%$ schwanken.

Das Messgerät muss IEC 61083 entsprechen.

9.1.4 Dynamisches Verhalten

Das dynamische Verhalten eines Messsystems ist ausreichend, wenn

- der Maßstabsfaktor konstant ist innerhalb von $\pm 1 \%$ für den Bereich der in der Identifikationsakte festgelegten Wellenformen,
- die erweiterte Messunsicherheit der gemessenen Zeitparameter nicht größer als 10 % im Bereich der Wellenformen ist.

9.1.5 Verbindungen zum Prüfobjekt

Das anerkannte Messsystem muss direkt an die Klemmen des Prüfobjekts angeschlossen werden. Im Gegensatz zu Blitzstoßspannungsmessungen (siehe 8.1.5) kann das Messsystem zwischen der Spannungsquelle und dem Prüfling angeschlossen werden. Die Kopplung zwischen Prüf- und Messkreis sollte vernachlässigbar sein.