

DIN EN 61000-4-18
(VDE 0847-4-18)
DIN

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

VDE

ICS 33.100.20

Einsprüche bis 2019-01-02

Entwurf

Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 61000-4-18
(VDE 0847-4-18):2007-12 und
DIN EN 61000-4-18/A1
(VDE 0847-4-18/A1):2011-04

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) –
Teil 4-18: Prüf- und Messverfahren –
Prüfung der Störfestigkeit gegen gedämpft schwingende Wellen
(IEC 77B/790/CDV:2018);
Deutsche und Englische Fassung prEN 61000-4-18:2018

Electromagnetic compatibility (EMC) –
 Part 4-18: Testing and measurement techniques –
 Damped oscillatory wave immunity test
 (IEC 77B/790/CDV:2018);
 German and English version prEN 61000-4-18:2018

Compatibilité électromagnétique (CEM) –
 Partie 4-18: Techniques d'essai et de mesure –
 Essai d'immunité à l'onde oscillatoire amortie
 (IEC 77B/790/CDV:2018);
 Version allemande et anglaise prEN 61000-4-18:2018

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-11-02 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.
 Gesamtumfang 113 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments prEN 61000-4-18:2018 „Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-18: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen gedämpft schwingende Wellen“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (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. Dem entsprechend ist das internationale Dokument IEC 77B/790/CDV:2018 „Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-18: Testing and measurement techniques – Damped oscillatory wave immunity test“ unverändert in den Entwurf prEN 61000-4-18:2018 übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des IEC-CDV 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 SC 77B „High frequency phenomena“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet.

Bei der Abstimmung zu dem Europäischen Schluss-Entwurf bei CENELEC und dem Internationalen Schluss-Entwurf bei IEC [Final Draft International Standard (FDIS)] sind jeweils nur „JA/NEIN“-Entscheidungen möglich, wobei „NEIN“-Entscheidungen fundiert begründet werden müssen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 767.3 „Hochfrequente Störgrößen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

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

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

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. IEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 61000-4-18 (VDE 0847-4-18):2007-12 und DIN EN 61000-4-18/A1 (VDE 0847-4-18/A1):2011-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Hinzufügung der Begriffe 3.1.2, 3.1.5, 3.1.9, 3.1.12 und 3.1.15;
- b) Hinzufügung von 3.2;
- c) Hinzufügung der Zwischenüberschrift 4.1 und Anpassung der Nummern der nachfolgenden Abschnitte;
- d) Hinzufügung der Gleichung samt Tabelle 1 mit den Kennwerten für die ideale Wellenform der gedämpft schwingenden Welle in 4.1;
- e) Streichung des letzten Absatzes in 4.2 (vorher 4.1);
- f) Hinzufügung der Zwischenüberschrift 4.3.1 und Anpassung der Nummern der nachfolgenden Abschnitte;
- g) Straffung der Informationen in 4.3.2 (vorher 4.2.1) und 4.3.3 (vorher 4.2.3) einschließlich einer Streichung des Satzes „Aus den Bildern 1 und 2 kann ersehen werden, dass mehrere Spitzen im Stromdichtespektrum auftreten können und bedeutende Spektralanteile bei Frequenzen von einigen Zehn MHz beobachtet werden“ in 4.3.2;
- h) Aufteilung von 6.1.4 in zwei Abschnitte 6.2.1.3 und 6.2.3.3 betreffend den Generator für langsame bzw. für schnelle gedämpft schwingende Wellen;
- i) Hinzufügung von Bild 3 in 6.2.1.2 (vorher 6.1.1);
- j) Ergänzung von Festlegungen zur Kalibrierung des Generators für schnelle gedämpft schwingende Wellen, bezogen auf die 30-MHz-Wellenform, in 6.2.2.3 (vorher 6.1.4);
- k) Hinzufügung von Bild 6 in 6.3.2.1;
- l) Überarbeitung der Festlegungen für und Hinzufügung von Koppel-/Entkoppelnetzwerken in 6.3.2.2;
- m) Hinzufügung eines Koppel-/Entkoppelnetzwerks für Prüfungen an Leitungen mit hohen Datenübertragungsraten in 6.3.2.3.3;
- n) Hinzufügung von Festlegungen für die Kalibrierung von Koppel-/Entkoppelnetzwerken für langsame gedämpft schwingende Wellen in 6.4.2 der neuen Tabelle 4;
- o) Hinzufügung von Festlegungen für die Kalibrierung von Koppel-/Entkoppelnetzwerken für schnelle gedämpft schwingende Wellen in 6.4.3 einschließlich der neuen Bilder 18 und 19 und der neuen Tabelle 5;
- p) Hinzufügung von 6.5 mit Festlegungen zur kapazitiven Koppelzange für Prüfungen mit schnellen gedämpft schwingenden Wellen an Verbindungsleitungen, wobei die Festlegungen aus der DIN EN 61000-4-4 (VDE 0847-4-4), 6.4 übernommen wurden;
- q) Hinzufügung der kapazitiven Koppelzange für Prüfungen mit schnellen gedämpft schwingende Wellen in die Geräteliste für den Prüfaufbau in 7.1 (vorher Abschnitt 7);
- r) Hinzufügung von 7.2 mit Festlegungen zur Verifizierung der Prüfeinrichtung, die aus DIN EN 61000-4-12 (VDE 0847-4-12), 7.2 übernommen wurden, einschließlich von Festlegungen zur Verifizierung der kapazitiven Koppelzange, die aus DIN EN 61000-4-4 (VDE 0847-4-4), 7.2 übernommen wurden;
- t) Erweiterung der Festlegungen zur Anwendung der Prüfstörgrößen in 7.3.2 und 7.3.3 durch Übernahme entsprechender Festlegungen der DIN EN 61000-4-12 (VDE 0847-4-12), 7.6;
- u) in 8.3 Hinzufügung von alternativen Verfahren zur Prüfung von Prüflingen mit einem DC-/DC-Wandler im Stromversorgungseingang, die durch das übliche Koppel-/Entkoppelnetzwerk nicht versorgt werden können, so dass die Anwendung des Koppel-/Entkoppelnetzwerks nicht funktioniert;
- v) Hinzufügung eines Hinweises im Abschnitt 9, dass der Prüfling als Folge der Anwendung der Prüfstörgröße nicht unsicher oder gefährlich werden darf;
- w) Hinzufügung von Anhang B mit Betrachtungen zur Messunsicherheit;
- x) Hinzufügung von Anhang C – übernommen aus IEC 61000-4-5/A1, Anhang I – mit Informationen zur Prüfung von Prüflingen, die einen DC-/DC-Wandler im Stromversorgungseingang besitzen und bei denen die Anwendung des Koppel-/Entkoppelnetzwerks nicht funktioniert.

**Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) –
Teil 4-18: Prüf- und Messverfahren –
Prüfung der Störfestigkeit gegen gedämpft schwingende Wellen**

Inhalt

Seite

Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe und Abkürzungen	6
3.1 Begriffe	6
3.2 Abkürzungen	8
4 Allgemeines	9
4.1 Arten von gedämpft schwingenden Wellen	9
4.2 Phänomen der langsamen gedämpft schwingenden Welle	10
4.3 Phänomen der schnellen gedämpft schwingenden Welle	10
5 Prüfschärfegrade (Prüfpegel)	12
6 Prüfeinrichtung	13
6.1 Allgemeines	13
6.2 Generator für gedämpft schwingende Wellen	13
6.3 Koppel-/Entkoppelnetzwerke	18
6.4 Kalibrierung von Koppel-/Entkoppelnetzwerken	28
6.5 Kapazitive Koppelzange für schnelle gedämpft schwingende Wellen	32
7 Prüfaufbau	34
7.1 Prüfeinrichtung	34
7.2 Verifizierung der Prüfeinrichtung	34
7.3 Prüfaufbau	35
7.4 Prüfling	40
7.5 Koppel-/Entkoppelnetzwerke	40
8 Prüfverfahren	40
8.1 Allgemeines	40
8.2 Bezugsbedingungen im Labor	41
8.3 Durchführung der Prüfung	41
9 Ermittlung der Prüfergebnisse	42
10 Prüfbericht	42
Anhang A (informativ) Informationen zu den Prüfschärfegraden für gedämpft schwingende Wellen	44
Anhang B (informativ) Betrachtungen zur Messunsicherheit (<i>MU</i>)	45
B.3 Unsicherheitsbeiträge zur Messunsicherheit bei gedämpft schwingenden Wellen	46
B.4 Unsicherheit der Messung der Ausgangsspannung und des Ausgangsstroms des Generators	46
B.5 Anwendung von Unsicherheiten beim Kriterium für die Übereinstimmung mit der Wellenform	

der gedämpft schwingenden Welle	52
Anhang C (informativ) Themen, die auf die Stromversorgung von Prüflingen, die einen DC-/DC- Wandler im Eingang besitzen, bezogen sind	53
Literaturhinweise	56

Bilder

Bild 1 – Beispiel für die Wellenform der gedämpft schwingenden Welle	9
Bild 2 – Beispiel eines Prinzipschaltbilds des Generators für langsame gedämpft schwingende Wellen	14
Bild 3 – Darstellung einer langsamen gedämpft schwingenden Welle	15
Bild 4 – Beispiel eines Prinzipschaltbilds des Generators für schnelle gedämpft schwingende Wellen	16
Bild 5 – Darstellung einer schnellen gedämpft schwingenden Welle	17
Bild 6 – Auswahl des Koppel-/Entkoppelverfahrens für langsame gedämpft schwingende Wellen	19
Bild 7 – Beispiel für ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk für die kapazitive Einkopplung auf Wechselstrom-/Gleichstrom-Leitungen: Einkopplung zwischen Leitung und Masse	20
Bild 8 – Beispiel für ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk für die kapazitive Einkopplung auf Wechselstromleitungen (drei Phasen): Einkopplung zwischen Leitung und Masse	20
Bild 9 – Beispiel für ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk für die kapazitive Einkopplung auf Wechselstrom-/Gleichstrom-Leitungen: Einkopplung zwischen Leitung und Leitung	21
Bild 10 – Beispiel für ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk für die kapazitive Einkopplung auf Wechselstromleitungen (drei Phasen): Einkopplung zwischen Leitung L2 und Neutralleiter N	21
Bild 11 – Beispiel für ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk für Verbindungsleitungen: Einkopplung zwischen Leitung und Masse	22
Bild 12 – Beispiel für ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk für ungeschirmte unsymmetrisch betriebene Verbindungsleitungen: Einkopplung zwischen Leitung und Leitung und zwischen Leitung und Masse	23
Bild 13 – Beispiel für ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk für ungeschirmte symmetrisch betriebene Verbindungsleitungen: Einkopplung zwischen Leitungen und Masse	24
Bild 14 – Beispiel für ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk für ungeschirmte symmetrisch betriebene Verbindungsleitungen: Einkopplung zwischen Leitungen und Masse über Kapazitäten	25
Bild 15 – Beispiel für ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk für einphasige Wechselstrom-/ Gleichstrom- Versorgungen: Einkopplung zwischen Leitung und Masse	26
Bild 16 – Beispiel für ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk für dreiphasige Wechselstromversorgungen: Einkopplung zwischen Leitung und Masse	27
Bild 17 – Beispiel für ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk für schnelle gedämpft schwingende Wellen für Verbindungsleitungen: Einkopplung zwischen Leitung und Masse	28
Bild 18 – Beispiel für einen Kalibrieraufbau für Koppel-/Entkoppelnetzwerke für schnelle gedämpft schwingende Wellen für Wechselstrom-/Gleichstrom-Versorgungsanschlüsse	30
Bild 19 – Beispiel für einen Kalibrieraufbau für Koppel-/Entkoppelnetzwerke für schnelle gedämpft schwingende Wellen für Verbindungsleitungen	31
Bild 20 – Beispiel einer kapazitiven Koppelzange	32
Bild 21 – Messwandlerplatte für die Kalibrierung der Koppelzange	33
Bild 22 – Kalibrierung einer kapazitiven Koppelzange unter Verwendung der Messwandlerplatte	33
Bild 23 – Beispiel für einen Aufbau für die Verifizierung der kapazitiven Koppelzange	35

Bild 24 – Beispiel für einen Prüfaufbau	36
Bild 25 – Beispiel für einen Prüfaufbau für die Anwendung auf geschirmte Leitungen	38
Bild 26 – Beispiel eines Prüfaufbaus unter Verwendung eines auf dem Boden stehenden Systems mit zwei Prüflingen	39
Bild C.1 – Beispiel für die Hinzufügung einer Dämpfungsschaltung zum Koppel-/Entkoppelnetzwerk bei Prüflingen mit DC-/DC-Wandler	55
Bild C.2 – Beispiel für die direkte Einspeisung von gedämpft schwingenden Wellen.....	55

Tabellen

Tabelle 1 – Werte der Parameters von $w(t)$ für jede Norm-Schwingungsfrequenz.....	9
Tabelle 2 – Prüfschärfegrade (Prüfpegel) für langsame gedämpft schwingende Wellen (100 kHz oder 1 MHz).....	12
Tabelle 3 – Prüfschärfegrade (Prüfpegel) für schnelle gedämpft schwingende Wellen (3 MHz, 10 MHz oder 30 MHz)	13
Tabelle 4 – Festlegungen für die Wellenform der gedämpft schwingenden Welle am Prüflingsanschluss des Koppel-/Entkoppelnetzwerks für langsame gedämpft schwingende Wellen	29
Tabelle 5 – Festlegungen für die Wellenform der gedämpft schwingenden Welle am Prüflingsanschluss von Koppel-/Entkoppelnetzwerken für schnelle gedämpft schwingende Wellen	31
Tabelle B.1 – Beispiel einer Unsicherheitsbilanz für die Anstiegszeit (T_1) der Leerlaufspannung der gedämpft schwingenden Welle mit 3 MHz.....	47
Tabelle B.2 – Beispiel einer Unsicherheitsbilanz für den ersten Scheitelwert (Pk_1) der Leerlaufspannung der gedämpft schwingenden Welle mit 3 MHz.....	49
Tabelle B.3 – α -Faktor aus Gleichung (B.3) für verschiedene unidirektionale Impulsantworten, korrespondierend mit der gleichen Bandbreite B des Systems	51

Einleitung

IEC 61000 wird in mehreren Teilen entsprechend der folgenden Struktur veröffentlicht:

Teil 1: Allgemeines

Allgemeine Betrachtungen (Einleitung, Grundprinzipien)
Definitionen, Begriffe

Teil 2: Umgebung

Umgebungsbeschreibung
Einteilung der Umgebung in Klassen
Verträglichkeitspegel

Teil 3: Grenzwerte

Grenzwerte der Störaussendung
Grenzwerte der Störfestigkeit (soweit sie nicht in den Zuständigkeitsbereich der Produktkomitees fallen)

Teil 4: Prüf- und Messverfahren

Messverfahren
Prüfverfahren

Teil 5: Installationsrichtlinien und Abhilfemaßnahmen

Installationsrichtlinien
Abhilfemaßnahmen und Geräte

Teil 6: Fachgrundnormen

Teil 9: Verschiedenes

Jeder Teil ist darüber hinaus in mehrere Teile unterteilt, die entweder als Internationale Normen oder als Technische Spezifikationen oder als Technische Berichte veröffentlicht werden; einige von ihnen wurden bereits als Hauptabschnitte veröffentlicht. Andere werden veröffentlicht, wobei der Teilnummer ein Bindestrich folgt und eine zweite Nummer die Unterteilung kennzeichnet (z. B. **IEC 61000-6-1**).

Dieser Teil ist eine Internationale Norm, die Störfestigkeitsanforderungen und -prüfverfahren gegen gedämpfte schwingende Wellen bereitstellt.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 61000 legt Anforderungen und Prüfverfahren fest für die Störfestigkeit von elektrischen und elektronischen Betriebsmittel(n), Geräte(n) und Einrichtungen unter Betriebsbedingungen gegen:

- a) wiederkehrende langsame gedämpft schwingende Wellen, die hauptsächlich auf Stromversorgungs-, Steuer- und Signalleitungen in Hoch- und Mittelspannungs-Schaltstationen (HS/MS-Schaltstationen) auftreten;
- b) wiederkehrende schnelle gedämpft schwingende Wellen, die hauptsächlich auf Stromversorgungs-, Steuer- und Signalleitungen in gasisolierten Schaltstationen (GIS-Anlagen) und in manchen Fällen auch in luftisolierten Schaltstationen (LIS-Anlagen) auftreten sowie gegen schnelle gedämpft schwingende Wellen in beliebigen Anlagen, die durch einen in großer Höhe erzeugten nuklearen elektromagnetischen Puls (HEMP) verursacht werden.

Zweck dieser Norm ist die Festlegung einer allgemeinen und reproduzierbaren Grundlage zur Beurteilung der Störfestigkeit von elektrischen und elektronischen Betriebsmitteln, Geräten und Einrichtungen, wenn diese gedämpft schwingenden Wellen an Stromversorgungs-, Signal-, Steuer- und Erdanschlüssen ausgesetzt sind. Das in diesem Teil der IEC 61000 dokumentierte Prüfverfahren beschreibt ein konsistentes Verfahren, um die Störfestigkeit von Betriebsmitteln, Geräten und Einrichtungen sowie Systemen gegen ein festgelegtes Phänomen zu beurteilen.

ANMERKUNG Entsprechend der Beschreibung im IEC-Leitfaden 107 stellt diese Norm eine EMV-Grundnorm zur Anwendung durch Produktkomitees der IEC dar. Wie ferner im IEC-Leitfaden 107 ausgeführt wird, sind die Produktkomitees der IEC für die Festlegung verantwortlich, ob diese Störfestigkeits-Prüfnorm angewendet oder nicht angewendet wird, und falls sie angewendet wird, sind sie für die Bestimmung der geeigneten Prüfpegel (Prüfschärfegrade) und Bewertungskriterien für das Betriebsverhalten verantwortlich.¹⁾

Diese Norm legt fest:

- die Wellenformen der Prüfspannung und des Prüfstroms;
- Bereiche von Prüfschärfegraden (Prüfpegeln);
- Prüfeinrichtung;
- Verfahren für die Kalibrierung und Verifizierung der Prüfeinrichtung;
- Prüfaufbauten;
- Prüfverfahren.

2 Normative Verweisungen

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

IEC 60050 (alle Teile), *International Electrotechnical Vocabulary*
(erhältlich unter <<http://www.electropedia.org>>)

IEC 61000-6-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-6: Generic standards – HEMP immunity for indoor equipment*

¹⁾ IEC/TC 77 und seine Unterkomitees sind vorbereitet, mit den Produktkomitees bei der Ermittlung des Werts eines besonderen Störfestigkeits-Prüfpegels für deren Produkte zusammenzuarbeiten.

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050-161 und die folgenden Begriffe.

ANMERKUNG Einige der am meisten relevanten Begriffe aus IEC 60050-161 werden zusammen mit den nachfolgenden Begriffen dargeboten.

3.1.1

luftisolierte Schaltstation (LIS)

Schaltstation, die nur aus luftisolierten Schaltgeräten aufgebaut ist

3.1.2

Zusatz-/Hilfseinrichtung

AE

(en: auxiliary equipment)

Einrichtung, die notwendig ist, um die für den üblichen Betrieb des Prüflings erforderlichen Signale zu liefern, und Einrichtung, die notwendig ist, um die Funktion des Prüflings zu verifizieren

3.1.3

Impulspaket

Impulsbündel

Folge einer begrenzten Anzahl von Impulsen oder Schwingung begrenzter Dauer

[QUELLE: IEC 60050-161:1990, 161-02-07]

3.1.4

Kalibrierung

Tätigkeiten zur Ermittlung des unter festgelegten Bedingungen bestehenden Zusammenhangs zwischen einer Anzeige und einem Messergebnis

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Benennung wird im Rahmen des „Messunsicherheit“-Konzepts verwendet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Beziehung zwischen den Anzeigen und den Messergebnissen kann im Prinzip durch ein Kalibrierdiagramm ausgedrückt werden.

[QUELLE: IEC 60050-311:2001, 311-01-09]

3.1.5

kapazitive Koppelzange

Gerät mit festgelegten Maßen und Eigenschaften zur Übertragung des Störsignals als asymmetrisches Signal auf die zu prüfende Schaltung, ohne dass eine galvanische Verbindung zu jener besteht

3.1.6

Kopplung

Wechselwirkung zwischen Schaltkreisen, Übertragung von Energie von einem Kreis in den anderen

3.1.7

Koppelnetzwerk

elektrische Schaltung mit dem Zweck der Energieübertragung von einem Kreis in einen anderen

3.1.8

Entkoppelnetzwerk

elektrische Schaltung, die verhindert, dass Prüfspannungen, mit denen der Prüfling (en: EUT) beaufschlagt wird, andere Geräte, Einrichtungen und Systeme, die nicht geprüft werden, beeinflussen

3.1.9

Beeinträchtigung der Funktion

unerwünschte Abweichung des Betriebsverhaltens eines Geräts, einer Ausrüstung oder eines Systems vom beabsichtigten Betriebsverhalten

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Beeinträchtigung der Funktion kann ein vorübergehender oder ein andauernder Fehlzustand sein.

[IEC 60050-161:1990, 161-01-19]

3.1.10

gasisolierte (metallgekapselte) Station (GIS)

Station, aufgebaut aus metallgekapselten Schaltanlagen, deren innere Isolation im Wesentlichen durch ein Gas sichergestellt ist

[IEC 60050-605:1983, 605-02-14]

3.1.11

in großer Höhe erzeugter nuklear-elektromagnetischer Puls

HEMP

elektromagnetischer Puls, der durch eine außeratmosphärische Nuklearexplosion erzeugt wurde

Anmerkung 1 zum Begriff: Typischerweise in einer Höhe oberhalb 30 km.

3.1.12

elektromagnetische Verträglichkeit

EMV (Abkürzung)

Fähigkeit einer Einrichtung oder eines Systems, in ihrer/seiner elektromagnetischen Umgebung zufriedenstellend zu funktionieren, ohne in diese Umgebung, zu der auch andere Einrichtungen gehören, unzulässige elektromagnetische Störgrößen einzubringen

[IEC 60050-161:1990, 161-01-07]

3.1.13

Störfestigkeit (gegenüber einer Störgröße)

Fähigkeit eines Geräts, einer Ausrüstung oder eines Systems, in Gegenwart einer elektromagnetischen Störgröße ohne Beeinträchtigung der Funktion zu funktionieren

[IEC 60050-161:1990, 161-01-20]

3.1.14

Anschluss

Tor

besondere Schnittstelle des betrachteten Prüflings mit der äußeren elektromagnetischen Umgebung

3.1.15

Bezugsmassefläche

Äquipotentialbezugsebene

ebene leitfähige Oberfläche, deren elektrisches Potential gleich Bezugserde ist und als Bezugspotential dient und die zu einer reproduzierbaren parasitären Kapazität zwischen einem Prüfling und seiner Umgebung beiträgt

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Bezugsmassefläche wird für die Messung von leitungsgeführten Störungen benötigt und dient bei Messungen von unsymmetrischen und asymmetrischen Störspannungen als Bezugsmasse.

Anmerkung 2 zum Begriff: In einigen Regionen wird im Englischen „earth“ anstelle von „ground“ benutzt.

[IEC 60050-161:1990, 161-04-36]

3.1.16

Anstiegszeit

Dauer des Zeitintervalls zwischen den Zeitpunkten, zu denen der Augenblickswert eines Impulses zuerst den 10%-Wert und dann den 90%-Wert erreicht

[IEC 60050-161:1990, 161-02-25, modifiziert]

3.1.17

transient (Adjektiv); Transient (Substantiv)

bezeichnet eine Erscheinung oder Größe, die sich während eines auf der betrachteten Zeitskala kleinen Zeitintervalls zwischen zwei aufeinander folgenden stationären Zuständen ändert

[IEC 60050-161:1990, 161-02-01]

3.1.18

Verifizierung

Tätigkeiten, um das Prüfsystem (z. B. den Prüfgenerator und die Verbindungskabel) zu prüfen um zu zeigen, dass das Prüfsystem innerhalb der im [Abschnitt 6](#) gegebenen Festlegungen funktioniert

Anmerkung 1 zum Begriff: Die für die Verifizierung verwendeten Verfahren können sich von denjenigen unterscheiden, die für die Kalibrierung verwendet werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Verfahren nach [6.2.1.3](#) und [6.2.2.3](#) sind als Leitfaden zur Sicherstellung des ordnungsgemäßen Betriebs des Prüfgenerators und anderer Einheiten, die den Prüfaufbau bilden, gemeint, damit die vorgesehene Kurvenform an den Prüfling geliefert wird.

[IEC 60050-311:2001, 311-01-13, modifiziert]

3.2 Abkürzungen

Abkürzung	Englisch	Deutsch
AE	Auxiliary equipment	Zusatz-/Hilfseinrichtung
CDN	Coupling/Decoupling network	Koppel-/Entkoppelnetzwerk
EFT/B	Electrical Fast Transient/Burst	schnelle elektrische Transiente/Burst
CN	Coupling network	Koppelnetzwerk
EMV	Electromagnetic compatibility	Elektromagnetische Verträglichkeit
EUT	Equipment under test	Prüfling
FDOWG	Fast damped oscillatory wave generator	Generator für die Erzeugung von schnellen gedämpft schwingenden Wellen
HEMP	High altitude electromagnetic pulse	in großer Höhe erzeugter nuklear-elektromagnetischer Puls
HS	High Voltage	Hochspannung
MU	Measurement Uncertainty	Messunsicherheit
MS	Medium Voltage	Mittelspannung
PE	Protective Earth	Schutzerde
RGP	Reference Ground Plane	Bezugsmassefläche, Äquipotentialsbezugsebene
SDOWG	Slowdamped oscillatory wave generator	Generator für die Erzeugung von langsamen gedämpft schwingenden Wellen

4 Allgemeines

4.1 Arten von gedämpft schwingenden Wellen

Das Phänomen der gedämpft schwingenden Welle wird in zwei Teile unterteilt: Der erste Teil ist eine langsame gedämpft schwingende Welle und schließt Schwingungsfrequenzen zwischen 100 kHz und 1 MHz ein. Der zweite Teil ist eine schnelle gedämpft schwingende Welle und schließt Schwingungsfrequenzen oberhalb 1 MHz ein.

Die Gleichung für die ideale Wellenform in Bild 1, $w(t)$ (Leerlaufspannung), lautet wie folgt:

$$w(t) = A \cdot K \frac{\left(\frac{t}{t_1}\right)^n}{1 + \left(\frac{t}{t_1}\right)^n} \cdot \exp\left(-\frac{t}{t_2}\right) \cdot \cos(2\pi f t + \phi)$$

Die Werte der Parameter von $w(t)$ sind in Bild 1 für jede Norm-Schwingungsperiode $T = 1/f$ angegeben.

Tabelle 1 – Werte der Parameters von $w(t)$ für jede Norm-Schwingungsfrequenz

Wellenform	A	K	n	t_1	f	t_2	ϕ
Schnell, 30 MHz	Pk_1	1,19	1,67	2,26 ns	30 MHz	126 ns	$-\pi/2$
Schnell, 10 MHz	Pk_1	1,04	2,65	1,69 ns	10 MHz	377 ns	$-\pi/4$
Schnell, 3 MHz	Pk_1	1,07	2,30	2,89 ns	3 MHz	1,26 μ s	0
Langsam, 1 MHz	Pk_1	1,12	2,45	49,8 ns	1 MHz	3,77 μ s	$-\pi/4$
Langsam, 100 kHz	Pk_1	1,04	1,96	32,7 ns	100 kHz	37,7 μ s	0

Die Ursachen der beiden Arten von gedämpft schwingenden Wellen werden nachfolgend beschrieben.

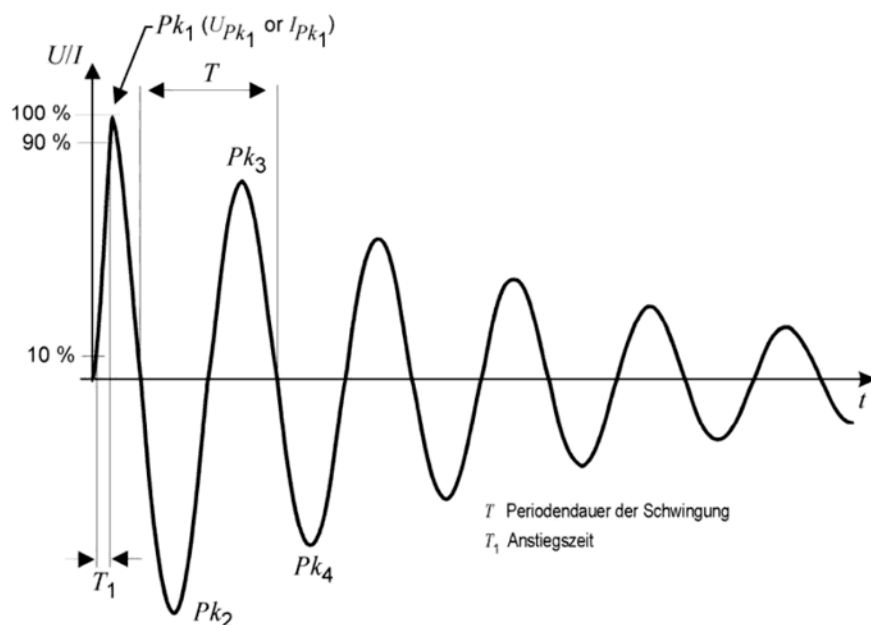


Bild 1 – Beispiel für die Wellenform der gedämpft schwingenden Welle

4.2 Phänomen der langsamen gedämpft schwingenden Welle

Das Phänomen ist repräsentativ für das Schalten von Trennschaltern in Hochspannungs-/Mittelspannungs-(HS/MS-)Freiluft-Schaltstationen und ist besonders auf das Schalten von Hochspannungs-Stromschienen bezogen.

In *elektrischen Schaltstationen* gibt das Öffnen und Schließen von Hochspannungs-Trennschaltern Anlass für Transiente mit scharfen Frontwellen mit Anstiegszeiten in der Größenordnung von einigen 10 ns.

Die Spannungs-Frontwelle schließt Reflektionen aufgrund der Fehlanpassung der Wellenimpedanzen der einbezogenen Hochspannungsstromkreise ein. Im Hinblick darauf wird die resultierende transiente Spannung und der transiente Strom in Hochspannungs-Stromschienen durch eine Grundswingungsfrequenz, die von der Länge des Stromkreises und der Ausbreitungszeit abhängig ist, gekennzeichnet.

Die Schwingungsfrequenz reicht bei Freiluft-Schaltstationen von ungefähr 100 kHz bis zu einigen MHz, abhängig vom Einfluss der vorstehend genannten Parameter und der Länge der Stromschienen, welche zwischen einigen 10 m bis zu einigen 100 m (400 m können vorkommen) variieren kann.

Im Hinblick darauf kann die Schwingungsfrequenz 1 MHz als repräsentativ für die meisten Situationen angesehen werden, aber 100 kHz wurden für große Hochspannungs-Schaltstationen als geeignet erkannt.

Die Wiederholfrequenz ist zwischen einigen wenigen Hz und einigen kHz veränderlich, abhängig vom Abstand zwischen den Schaltkontakten. Sie ist bei nahe gelegenen Kontakten am größten, während die kleinste Wiederholfrequenz bei Abständen zwischen den Kontakten auftritt, die nahe zu denen liegen, bei denen der Lichtbogen wieder gezündet wird; diese Frequenz beträgt im Hinblick auf jede einzelne Phase das Zweifache der Netzfrequenz (energietechnischen Frequenz) (100/s je Leiter für 50-Hz- und 120/s je Leiter für 60-Hz-Systeme).

Die Wiederholraten 40/s und 400/s repräsentieren einen Kompromiss, wobei die unterschiedliche Dauer der Phänomene, die Eignung der verschiedenen in Betracht gezogenen Frequenzen und die Energie, mit der die zu prüfenden Stromkreise beaufschlagt werden, berücksichtigt wurde.

Wiederkehrende schwingende Transiente können durch kurzzeitige Schaltvorgänge und durch Einspeisung von impulsförmigen Strömen in Stromversorgungssystemen (Netze und elektrische Einrichtungen) erzeugt werden.

4.3 Phänomen der schnellen gedämpft schwingenden Welle

4.3.1 Einleitung

Die Prüfung der Störfestigkeit gegen schnelle gedämpft schwingende Wellen sollte Phänomene abdecken, die in zwei speziellen Umgebungen auftreten:

- Schaltstationen des Energieverteilnetzes (erzeugt durch Schalt- und Steuergeräte);
- alle Anlagen, die dem in großer Höhe erzeugten nuklearen elektromagnetischen Puls (HEMP) ausgesetzt sind.

4.3.2 Störgrößen, die durch Schalt- und Steuergeräte erzeugt werden

Während des Öffnens und Schließens von Trennschaltern findet wegen der langsamen Bewegung der Kontakte eine große Anzahl von Rück-Überschlägen zwischen beiden Kontakten des betriebenen Geräts statt. Daher erzeugt das Schalten von Trennschaltern sehr schnelle Transiente, die sich als fortpflanzende Wellen in den Stromschienen von Schaltstationen ausbreiten. Die Schwingungsfrequenzen der transienten Überspannungen werden durch die elektrische Länge der Leitungen und der Stromschienen bestimmt.

Bei luftisolierten Schaltstationen (LIS) strahlen diese Transienten ein elektromagnetisches Feld in die Umgebung der Schaltstation ab. Messungen wurden in luftisolierten Schaltstationen durchgeführt, wobei

Messgeräte mit einer großen Frequenzbandbreite [1]¹⁾ benutzt wurden. Diese Messungen haben gezeigt, dass transiente (kurzzeitige) Phänomene mit höheren Frequenzen als 1 MHz in diesen Schaltstationen ebenfalls auftreten können.

Bei gasisolierten Schaltstationen (GIS) breiten sich diese Transienten innerhalb der metallischen Kapselung, die das SF₆-Gas enthält, aus. Hochfrequente Transiente bleiben aufgrund des Skineffekts innerhalb der Kapselung eingeschlossen und verursachen keine Probleme. An Stellen, wo die Kapselung Unregelmäßigkeiten besitzt, wird ein transienter Strom zur äußeren Oberfläche der einhüllenden Röhre übertragen. Infolgedessen erhöht sich das Potential der Kapselung und der auf der Oberfläche der Kapselung fließende Strom strahlt ein elektromagnetisches Feld in die Umgebung der Schaltstation ab. Der kurzzeitige Anstieg des Bodenpotentials bildet eine unmittelbare Quelle von transienten asymmetrischen Strömen in den sekundären Stromkreisen. Auch induziert das abgestrahlte elektromagnetische Feld asymmetrische Ströme in den sekundären Stromkreisen.

Messungen haben gezeigt, dass die höchste Frequenz von signifikanten Anteilen in der spektralen Dichte dieser Ströme 30 MHz bis 50 MHz betragen kann [2].

Wie in [1] zusammengefasst wird, ist die Schwingungsfrequenz von Transienten, die in Hochspannungsschaltstationen auftreten, aufgrund der Verkleinerung der Gesamtabmessungen der Schaltstationen, der Verwendung von gasisolierten Schaltstationen (GIS) und der Installation von elektronischen Einrichtungen in näherem Abstand zu Schaltgeräten angestiegen.

Daher sind die Schwingungsfrequenzen 3 MHz, 10 MHz und 30 MHz für schnelle gedämpft schwingende Wellen dafür geeignet, die Umgebung sowohl von einigen LIS als auch von allen GIS zu repräsentieren.

Die Wiederholfrequenz variiert zwischen einigen wenigen Hz und vielen kHz, abhängig vom Abstand zwischen den Schaltkontakten. Bei nahe gelegenen Kontakten tritt eine hohe Wiederholfrequenz auf, während mit zunehmenden Abständen, weil die Kontakte weiter öffnen, die kleinste Wiederholfrequenz auftritt; diese beträgt im Hinblick auf jede einzelne Phase das Zweifache der Netzfrequenz (energietechnischen Frequenz) (100/s je Leiter für 50-Hz- und 120/s je Leiter für 60-Hz-Systeme).

Die Wiederholrate 5 000/s repräsentiert die in GIS gemessenen höheren Wiederholraten. Diese Wiederholrate stellt noch einen Kompromiss dar (weil höhere Wiederholraten gemessen wurden), wobei die unterschiedliche Dauer der Phänomene, die Eignung der verschiedenen in Betracht gezogenen Frequenzen und die Problematik der Energie, mit der die zu prüfenden Stromkreise beaufschlagt werden, berücksichtigt wurde.

4.3.3 Störgrößen, die durch den in großer Höhe erzeugten nuklearen elektromagnetischen Puls (HEMP) erzeugt werden

Der in großer Höhe erzeugte nukleare elektromagnetische Puls (HEMP), wie er in der IEC 61000-2-9 [4] dargestellt wird, beschreibt eine energiereiche, ebene, gepulste, elektromagnetische Feldwelle, die eine Anstiegszeit von 2,5 ns und eine Impulsbreite von ungefähr 25 ns besitzt. Dieses Feld wirkt mit ihm ausgesetzten Übertragungsleitungen zusammen und erzeugt eine schwingende Spannung und einen schwingenden Strom in Abhängigkeit von der Leitungslänge (siehe IEC 61000-2-10 [5]). Im Außenbereich verlegte Stromversorgungs- und Kommunikationsleitungen sind ausreichend lang (länger als 1 km), so dass die eingekoppelten Ströme und Spannungen gewöhnlich impulsförmig sind.

Für innerhalb von Gebäuden verlegte Stromversorgungs- und Kommunikationsleitungen gilt, dass der einfallende HEMP teilweise gedämpft ist. Dennoch koppelt das Feld in kurze innerhalb von Gebäuden verlegte Kabel ein und verursacht eine Bedrohung für angeschlossene elektronische Einrichtungen. Die HEMP-Felder koppeln in diese kurzen Leitungen ein und erzeugen hochfrequente gedämpft schwingende Wellenformen mit Frequenzen von bis zu 100 MHz. Frequenzen unterhalb 30 MHz werden am meisten beobachtet (siehe IEC 61000-2-10). Die Dämpfung der schwingenden Welle ist hoch aufgrund des Vorhandenseins von absorbierenden Wänden, und ein Resonanz-Gütefaktor Q mit einem Wert zwischen 10 und 20 ist typisch.

¹⁾ Zahlen in eckigen Klammern verweisen auf die Literaturhinweise.

HEMP-Felder koppeln auch in kurze Leitungen im Außenbereich ein, wie sie z. B. als Teil von Steuerkreisen in Schaltstationen oder Kraftwerken vorgefunden werden. In diese Leitungen werden gedämpft schwingende Transiente mit Frequenzen von 1 MHz bis 100 MHz eingekoppelt.

Ein HEMP-Ereignis erzeugt typischerweise ein oder zwei Impulse. Zur Nachbildung des HEMP-Ereignisses ist eine hohe Wiederholrate nicht erforderlich. Jedoch sollte wegen Angelegenheiten der Zuverlässigkeit von digitalen Elektroniken eine Wiederholrate von 5 000/s, die ähnlich der Wiederholrate von durch Schalt- und Steuergeräte erzeugten Störgrößen ist, (auch beim HEMP) verwendet werden. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung von Fehlfunktionen, die durch ein HEMP-Ereignis verursacht werden, erhöht.

Diese Norm schließt auch Informationen über Prüfpegel, den Entwurf des Generators und Prüfverfahren ein, die die Durchführung der Prüfungen mit Spannungen erlaubt, die durch einen in großer Höhe erzeugten nuklearen elektromagnetischen Puls (HEMP) erzeugt werden. Obwohl unter realistischen Bedingungen viele Frequenzen möglich sind, werden im Einklang mit der in Schaltstationen vorhandenen Umgebung Prüfungen mit Schwingungsfrequenzen bis zu 30 MHz durchgeführt.

5 Prüfschärfegrade (Prüfpegel)

Die vorrangigen Bereiche der Prüfschärfegrade (Prüfpegel) für die Prüfungen mit gedämpft schwingenden Wellen zur Anwendung an Stromversorgungs- sowie Steuer- und Signalanschlüssen von Betriebsmitteln (Geräten, Einrichtungen) sind in Tabelle 2 und [Tabelle 3](#) angegeben. Der Prüfpegel ist als Spannungswert der ersten Spitze der Wellenform (Pk_1 in [Bild 1](#)) definiert.

Für Stromversorgungs- sowie Steuer- und Signalanschlüsse können verschiedene Prüfschärfegrade (Prüfpegel) angewendet werden.

**Tabelle 2 – Prüfschärfegrade (Prüfpegel) für langsame gedämpft schwingende Wellen
(100 kHz oder 1 MHz)**

Prüfschärfegrad	Leitung gegen Leitung (symmetrisch) kV	Leitung gegen Masse (asymmetrisch) kV
1	0,25	0,5
2	0,5	1
3	1	2 ^a
4 ^b	–	–
X^c	besondere Festlegung	besondere Festlegung
^a Für Einrichtungen von Schaltstationen wird dieser Wert auf 2,5 kV erhöht. ^b Dieser Pegel ist bei langsamen gedämpft schwingenden Wellen nicht anwendbar. ^c „ X “ kann jeder beliebige Prüfpegel sein, der oberhalb, unterhalb oder zwischen den anderen Prüfpegeln liegt. Dieser Prüfpegel kann in der zutreffenden Gerätespezifikation festgelegt werden.		

**Tabelle 3 – Prüfschärfegrade (Prüfpegel) für schnelle gedämpft schwingende Wellen
(3 MHz, 10 MHz oder 30 MHz)**

Prüfschärfegrad	Leerlauf-Prüfspannung
	Leitung gegen Masse (asymmetrisch)
	kV
1	0,5
2	1
3	2
4	4
X^a	besondere Festlegung
^a „ X “ kann jeder beliebige Prüfpegel sein, der oberhalb, unterhalb oder zwischen den anderen Prüfpegeln liegt. Dieser Prüfpegel kann in der zutreffenden Gerätespezifikation festgelegt werden.	

Die Prüfschärfegrade (Prüfpegel) müssen entsprechend den Installationsbedingungen ausgewählt werden. Installationsklassen sind im [Anhang A](#) angegeben.

6 Prüfeinrichtung

6.1 Allgemeines

Der Generatorausgang muss in der Lage sein, unter Kurzschlussbedingungen zu arbeiten.

Der Generator erzeugt eine gedämpft schwingende Welle mit den nachfolgenden Eigenschaften, wie sie gegenüber dem Prüflingsanschluss angewendet werden müssen. Wenn die gedämpft schwingende Welle über ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk angewendet wird, gelten die festgelegten Eigenschaften am Ausgang dieses Netzwerks.

Der Ausgang des Generators für langsame gedämpft schwingende Wellen muss potentialfrei sein. Diese Bedingung ist notwendig, um Steuer- und Signalanschlüsse des Prüflings im symmetrischen Betrieb (zwischen zwei Leitungen) prüfen zu können. Ein Generator mit dualen Ausgang ist notwendig. Der Ausgang des Generators für schnelle gedämpft schwingende Wellen besitzt einen einzelnen koaxialen Ausgang. Prüfungen mit diesem Generator dürfen nur im asymmetrischen Betrieb (Leitung gegen Leitung) durchgeführt werden.

6.2 Generator für gedämpft schwingende Wellen

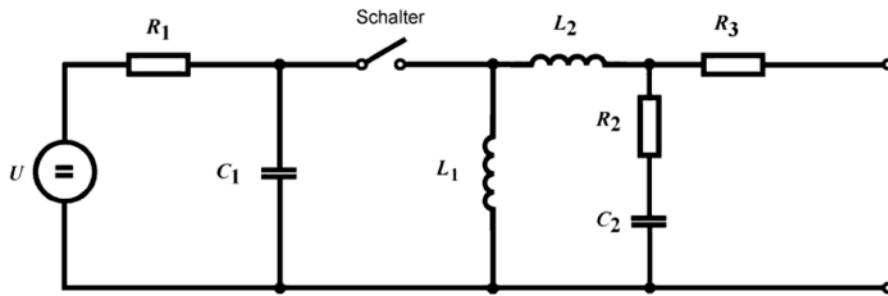
6.2.1 Generator für langsame gedämpft schwingende Wellen

6.2.1.1 Allgemeines

Die Ausgangsimpedanz des Generators für langsame gedämpft schwingende Wellen wurde zu 200 Ω festgelegt, obwohl die tatsächliche Impedanz der Leitungen (verdrillte Paare) näher bei 150 Ω liegt. Der Grund, weshalb 200 Ω als Impedanz gewählt wurde, ist, einen vorhandenen allgemeinen Stand nicht zu ändern, der die technischen Spezifikationen einer Familie von Geräten (Einrichtungen) betreffen würde, die hauptsächlich in Hochspannungs-Schaltstationen eingesetzt werden.

Zusätzlich gilt, dass sich die Länge der Leitungen in der hier betrachteten Kategorie von elektrischen und industriellen Anlagen meistens in der Größenordnung von mehreren hundert Metern bewegt und daher die Impedanz der Verbindungen im Feld näher bei der Wellenimpedanz der Leitungen liegt und nicht kleiner als dieser Wert ist.

Bild 2 zeigt ein Beispiel eines Prinzipschaltbilds des Generators.



Legende

U	Hochspannungsquelle	L_2	Filterinduktivität
R_1	Ladewiderstand	R_2	Filterwiderstand
C_1	Energiespeicherkapazität	C_2	Filterkapazität
Schalter	Hochspannungsschalter	R_3	Quellenwiderstand
L_1	Schwingkreisspule		

Bild 2 – Beispiel eines Prinzipschaltbilds des Generators für langsame gedämpft schwingende Wellen

6.2.1.2 Eigenschaften und Leistungsmerkmale des Generators für langsame gedämpft schwingende Wellen

Die Spezifikation des Generators für langsame gedämpft schwingende Wellen ist wie folgt:

- Anstiegszeit der Spannung (T_1 in Bild 1): 75 ns $\pm$ 20 %;
- Schwingungsfrequenzen der Spannung (Anmerkung 1): 100 kHz und 1 MHz, jeweils $\pm$ 10 %;
- Wiederholrate: 40/s für 100 kHz und 400/s für 1 MHz, jeweils $\pm$ 10 %;
- Abklingen der Spannung (siehe Bild 1): P_{k5} muss > 50 % des Wertes von P_{k1} sein und P_{k10} muss < 50 % des Wertes von P_{k1} sein;
- Burstdauer: nicht kleiner als 2 s;
- Leerlaufspannung (U_{Pk1} -Wert, siehe Bild 1): 250 V bis 2,5 kV, jeweils $\pm$ 10 %;
- Kurzschlussstrom (I_{Pk1} -Wert): 1,25 A bis 12,5 A, jeweils $\pm$ 20 %;
- Phasenbeziehung mit der energietechnischen Frequenz (Netzfrequenz): keine Anforderung;
- Polarität der ersten Halbperiode: positiv und negativ.

ANMERKUNG 1 Die Schwingungsfrequenz ist als Umkehrwert der Zeitperiode zwischen dem ersten und dritten Null-durchgang nach der ursprünglichen Spitze definiert. Diese Zeitperiode wird in Bild 1 als T gezeigt.

ANMERKUNG 2 Die effektive Ausgangsimpedanz ergibt sich durch den Nennwert der Leerlaufspannung U_{Pk1} dividiert durch den Nennwert des Kurzschlussstroms I_{Pk1} . Der Nennwert (der Ausgangsimpedanz) beträgt 200 Ω .

Beispiele für die Wiederholrate und die Burstdauer sind in Bild 3 gezeigt.

Die Kurvenform der langsamen gedämpft schwingenden Welle mit markierten Spitzenpunkten ist in Bild 1 gezeigt.

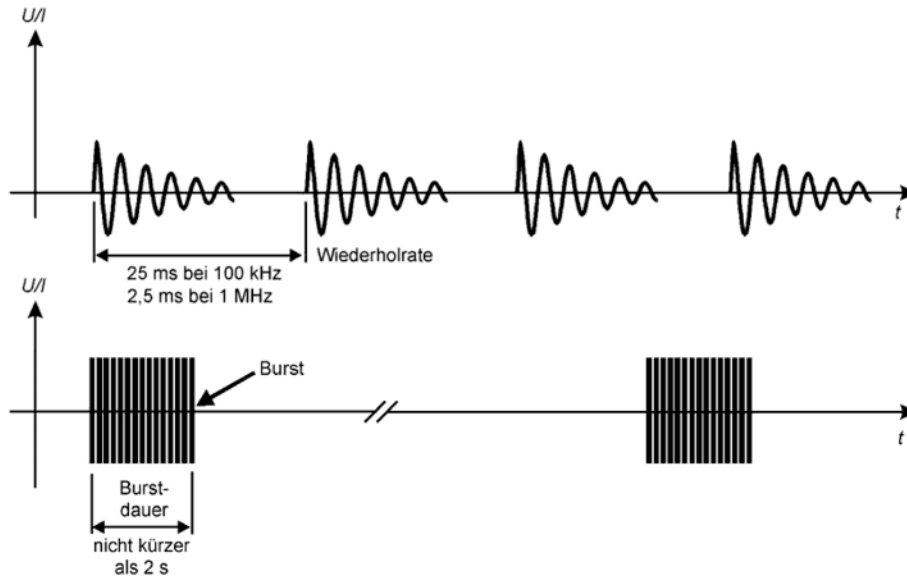


Bild 3 – Darstellung einer langsamen gedämpft schwingenden Welle

6.2.1.3 Kalibrierung des Generators für langsame gedämpft schwingende Wellen

Die in 6.2.1.2 aufgeführten Eigenschaften des Prüfgenerators müssen kalibriert werden, um dafür zu sorgen, dass sie die Anforderungen dieser Norm erfüllen. Nachfolgende Parameter sind für den Vergleich unterschiedlicher Prüfgeneratoren wesentlich:

- Anstiegszeit der Spannung;
- Schwingungsfrequenz;
- Wiederholrate;
- Abklingen;
- Burstdauer;
- Leerlaufspannung U_{Pk1} (Leerlaufimpedanz: $Z_{\text{Leerlauf}} \geq 10 \text{ k}\Omega$);
- Kurzschlussstrom I_{Pk1} (unter Verwendung einer Kurzschlussimpedanz: $Z_{\text{Kurzschluss}} \leq 0,1 \Omega$).

Die Kalibrierungen müssen mit Hilfe von Spannungstastköpfen oder Stromzangen (soweit anwendbar) und mit einem Oszilloskop oder einem anderen gleichwertigen Messgerät mit einer Bandbreite von mindestens 40 MHz durchgeführt werden.

Die Eigenschaften der Wellenform müssen direkt am Ausgang des Prüfgenerators mit einer Leerlaufimpedanz $\geq 10 \text{ k}\Omega$ und einer Kurzschluss-Lastimpedanz $\leq 0,1 \Omega$ nachgewiesen werden.

Kalibrierungen müssen bei den Prüfpegeln durchgeführt werden, mit denen der Prüfling beaufschlagt wird.

6.2.2 Generator für schnelle gedämpft schwingende Wellen

6.2.2.1 Allgemeines

Die Ausgangsimpedanz des Generators für schnelle gedämpft schwingende Wellen wurde zu 50Ω festgelegt. Der Grund, weshalb 50Ω als Impedanz gewählt wurde, ist, eine Übereinstimmung mit dem in der IEC 61000-4-4 festgelegten Generator für schnelle transiente elektrische Störgrößen/Burst (EFT/B-Generator) herzustellen.

Bild 4 zeigt ein Beispiel eines Prinzipschaltbilds des Generators für schnelle gedämpft schwingende Wellen.

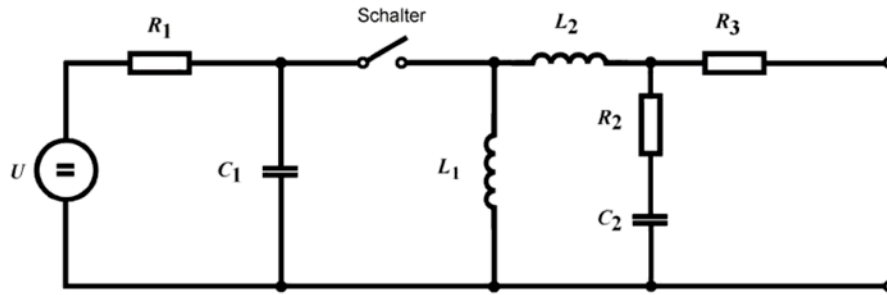


Bild 4 – Beispiel eines Prinzipschaltbilds des Generators für schnelle gedämpft schwingende Wellen

6.2.2.2 Eigenschaften und Leistungsmerkmale des Generators für schnelle gedämpft schwingende Wellen

Die Spezifikation des Generators für schnelle gedämpft schwingende Wellen im Leerlaufbetrieb ist wie folgt:

- Anstiegszeit der Spannung (T_1 in Bild 1): $5 \text{ ns} \pm 30 \text{ } \%$;
- Schwingungsfrequenzen der Spannung (Anmerkung 1): 3 MHz, 10 MHz und 30 MHz, jeweils $\pm 10 \text{ } \%$;
- Wiederholrate (siehe Bild 5): $5\,000/\text{s} \pm 10 \text{ } \%$;
- Abklingen der Spannung (siehe Bild 1): P_{k_5} muss $> 50 \text{ } \%$ des Wertes von P_{k_1} sein und $P_{k_{10}}$ muss $< 50 \text{ } \%$ des Wertes von P_{k_1} sein;
- Burstdauer (siehe Bild 5):
bei 3 MHz: $50 \text{ ms} \pm 20 \text{ } \%$;
bei 10 MHz: $15 \text{ ms} \pm 20 \text{ } \%$;
bei 30 MHz: $5 \text{ ms} \pm 20 \text{ } \%$;
- Burstperiode (siehe Bild 5): $300 \text{ ms} \pm 20 \text{ } \%$;
- Leerlaufspannung (U_{Pk1} -Wert, siehe Bild 1): 500 V bis 4 kV , jeweils $\pm 10 \text{ } \%$;
- Phasenbeziehung mit der energietechnischen Frequenz (Netzfrequenz): keine Anforderung;
- Polarität der ersten Halbperiode: positiv und negativ.

Die Spezifikation des Generators für schnelle gedämpft schwingende Wellen im Kurzschlussbetrieb ist wie folgt:

- Anstiegszeit der Spannung (T_1 in Bild 1):
bei 3 MHz: $< 330 \text{ ns}$;
bei 10 MHz: $< 100 \text{ ns}$;
bei 30 MHz: $< 33 \text{ ns}$;
- Schwingungsfrequenzen des Stroms (Anmerkung 1): 3 MHz, 10 MHz und 30 MHz, jeweils $\pm 30 \text{ } \%$;
- Abklingen (siehe Bild 1): P_{k_5} muss $> 25 \text{ } \%$ des Wertes von P_{k_1} sein und $P_{k_{10}}$ muss $< 25 \text{ } \%$ des Wertes von P_{k_1} sein;
- Kurzschlussstrom (I_{Pk1} -Wert, siehe Bild 1): 10 A bis 80 A , jeweils $\pm 20 \text{ } \%$;

ANMERKUNG 1 Die Schwingungsfrequenz ist als Umkehrwert der Zeitperiode zwischen dem ersten und dritten Null-durchgang nach der ursprünglichen Spitze definiert. Diese Zeitperiode wird in Bild 1 als T gezeigt.

ANMERKUNG 2 Die effektive Ausgangsimpedanz ergibt sich durch den Nennwert der Leerlaufspannung U_{Pk1} dividiert durch den Nennwert des Kurzschlussstroms I_{Pk1} . Der Nennwert (der Ausgangsimpedanz) beträgt $50 \text{ } \Omega$.

Beispiele für die Wiederholrate und die Burstdauer sind in Bild 3 gezeigt.

Die Kurvenform der langsamen gedämpft schwingenden Welle mit markierten Spitzenpunkten ist in Bild 1 gezeigt.

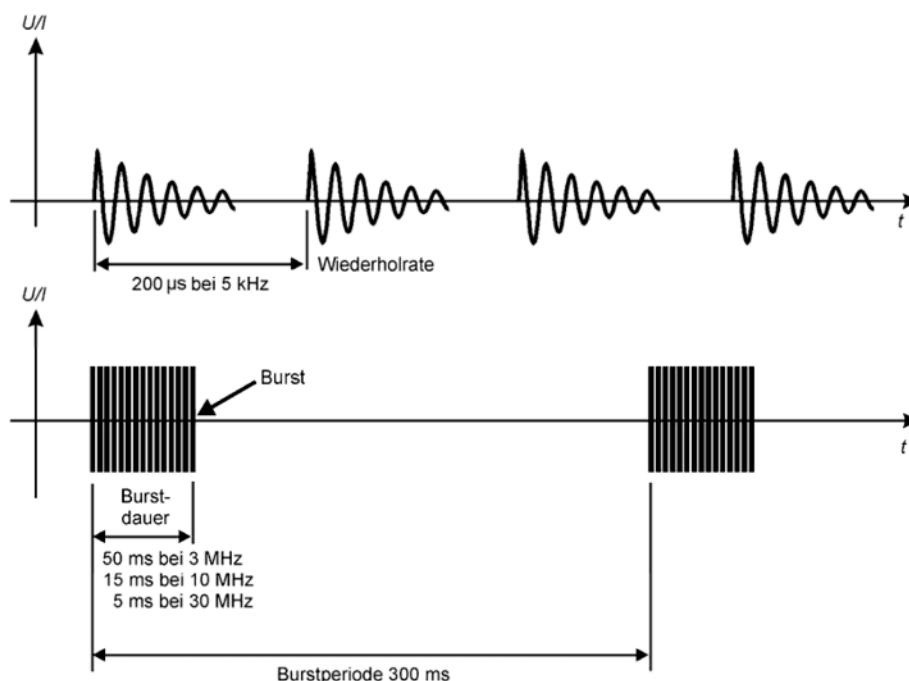


Bild 5 – Darstellung einer schnellen gedämpft schwingenden Welle

6.2.2.3 Kalibrierung des Generators für schnelle gedämpft schwingende Wellen

Die in 6.2.2.2 aufgeführten Eigenschaften des Prüfgenerators müssen kalibriert werden, um dafür zu sorgen, dass sie die Anforderungen dieser Norm erfüllen. Nachfolgende Parameter sind für den Vergleich unterschiedlicher Prüfgeneratoren wesentlich:

- Anstiegszeit;
- Schwingungsfrequenz;
- Wiederholrate;
- Abklingen der Wellenform der Spannung;
- Burstdauer;
- Burstperiode;
- Leerlaufspannung U_{Pk1} (Leerlaufimpedanz: $Z_{\text{Leerlauf}} \geq 1 \text{ k}\Omega \pm 2 \%$);
- Anstiegszeit des Stroms;
- Schwingungsfrequenzen des Stroms;
- Abklingen der Wellenform des Stroms;
- Kurzschlussstrom I_{Pk1} (Kurzschlussimpedanz: $Z_{\text{Kurzschluss}} \leq 0,10 \Omega \pm 2 \%$).

Die Kalibrierungen müssen mit Hilfe von Spannungstastköpfen oder Stromzangen (soweit anwendbar) und mit einem Oszilloskop oder einem anderen gleichwertigen Messgerät mit einer Bandbreite von mindestens 400 MHz durchgeführt werden.

Der verwendete Spannungstastkopf muss folgende Eigenschaften haben:

- $1 \text{ k}\Omega \pm 2 \%$; diese Messung wird bei Gleichspannung durchgeführt.

Die Grenzabweichung der Einfügungsdämpfung der Prüflasten darf nicht überschreiten:

- ± 1 dB bei 100 MHz.
- ± 3 dB bei Frequenzen von 100 MHz bis 400 MHz.

Die verwendete Stromzange muss folgende Eigenschaften haben:

- $0,1 \Omega \pm 2 \%$; diese Messung wird bei Gleichstrom durchgeführt.

Die Grenzabweichung der Einfügungsdämpfung der Prüflasten darf nicht überschreiten:

- ± 3 dB bei Frequenzen bis 400 MHz.

Die Eigenschaften der Kurvenform müssen am direkt am Ausgang des Prüfgenerators mit Leerlauf- und Kurzschluss-Lastimpedanzen nachgewiesen werden.

Die 30-MHz-Wellenform kann zu Beginn zwischen P_{k1} und P_{k3} verzerrt sein. Während der Kalibrierung der 30-MHz-Wellenform müssen folgende Punkte in Betracht gezogen werden:

- Die P_{k1} -Amplitude sollte höher als P_{k3} sein, um den 100-%-Punkt bei der Anstiegszeit und für die Berechnung der Dämpfung klar zu definieren.
- Die P_{k2} -Amplitude darf höher als P_{k1} sein. In diesem Fall ist der P_{k1} für den 100-%-Punkt noch relevant.

Kalibrierungen müssen bei den Prüfpegeln durchgeführt werden, mit denen der Prüfling beaufschlagt wird.

6.3 Koppel-/Entkoppelnetzwerke

6.3.1 Allgemeines

Jedes Koppel-/Entkoppelnetzwerk (CDN) besteht aus einem Koppel- und einem Entkoppelnetzwerk, wie in den Beispielen, die in 6.3.2 bzw. 6.3.3 für den Generator für langsame bzw. für schnelle gedämpft schwingende Wellen gegeben sind, gezeigt wird.

Das Koppel-/Entkoppelnetzwerk (CDN) ermöglicht einerseits die Einkopplung der Prüfspannung an den Stromversorgungs-, Steuer- und Signalanschlüssen des Prüflings sowohl in asymmetrischer (mit beiden Generatoren) wie in symmetrischer (nur für 100 kHz, 1 MHz) Form und verhindert andererseits, dass die Prüfspannung Zusatz- und Hilfseinrichtungen, die zur Durchführung der Prüfung benötigt werden, beeinflusst.

Die 0,5- μ F-Koppelkapazitäten für die langsame gedämpft schwingende Welle) oder 33-nF-Koppelkapazitäten für die schnelle gedämpft schwingende Welle in den Koppelnetzwerken müssen eine Kopplungsdämpfung bereitstellen, die kleiner 10 % ist.

Das Koppel-/Entkoppelnetzwerk muss mit einem eigenen Erdanschluss ausgestattet sein.

Bei Eingangs-/Ausgangs-(E/A-) und Kommunikationsleitungen wird die für die Datenübertragung verfügbare Bandbreite durch die Reihenimpedanz begrenzt. Kapazitäten stellen die bevorzugten Koppellemente dar. Wenn eine Einkopplung auf Verbindungsleitungen stattfindet, kann die Wellenform durch die in 6.3.2.3 beschriebenen Einkopplungsmechanismen verzerrt werden.

Jedes Koppel-/Entkoppelnetzwerk (CDN) muss die Anforderungen nach 6.3 erfüllen und mit den Kalibrieranforderungen nach 6.4 übereinstimmen.

Beim Aufbau für die Prüfung mit schnellen gedämpft schwingenden Wellen wird eine Bezugsmasseplatte (RGP) verwendet. Beim Aufbau für die Prüfung mit langsamen gedämpft schwingenden Wellen ist dagegen keine Bezugsmasseplatte (RGP) erforderlich (die Bezugsmasseplatte ist systematisch bei Frequenzen oberhalb 1 MHz erforderlich).

6.3.2 Koppel-/Entkoppelnetzwerke für langsame gedämpft schwingende Wellen

6.3.2.1 Allgemeines

Das Koppel-/Entkoppelnetzwerk wird entsprechend nachfolgendem Flussdiagramm verwendet (siehe Bild 6).

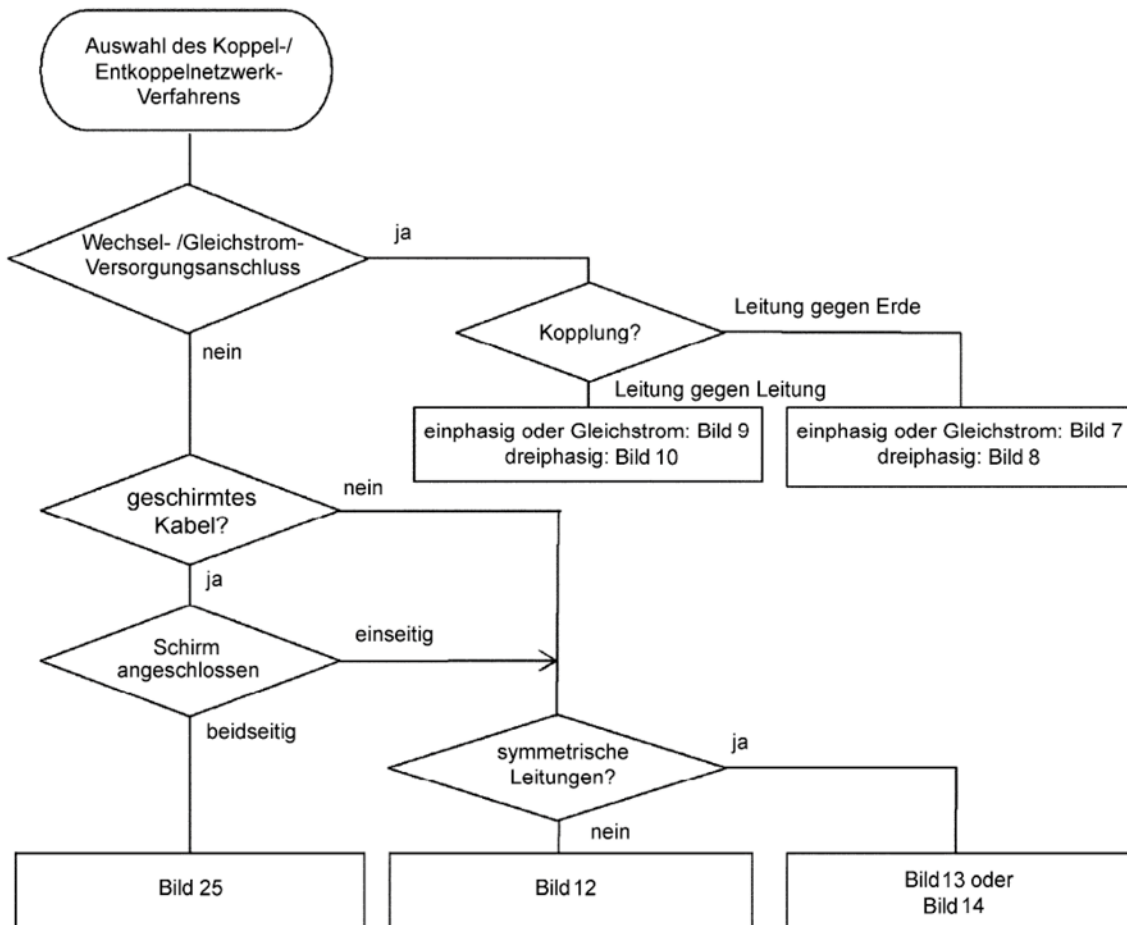


Bild 6 – Auswahl des Koppel-/Entkoppelverfahrens für langsame gedämpft schwingende Wellen

6.3.2.2 Koppel-/Entkoppelnetzwerke für Wechselstrom-/Gleichstrom-Versorgungsanschlüsse bis 32 A

Bei Wechselstrom- oder Gleichstrom-Versorgungsleitungen stellt das Entkoppelnetzwerk eine vergleichsweise hohe (Entkoppel-)Impedanz gegenüber langsamen gedämpft schwingenden Wellen bereit, erlaubt aber gleichzeitig den Stromfluss zum Prüfling. Diese Impedanz erlaubt es, die Wellenform der Spannung am Ausgang des Koppel-/Entkoppelnetzwerks zu entwickeln. Hochspannungskondensatoren werden für die Koppellemente verwendet und so bemessen, dass sie die Einkopplung der Wellenform in ihrer vollen Dauer in den Prüfling erlauben.

ANMERKUNG Gegenwärtig besitzen alle Betriebsmittel (Geräte, Einrichtungen), die dieser Norm unterworfen werden, einen Bemessungsstrom bis 32 A. Daher wurden Koppel-/Entkoppelnetzwerke mit einem Bemessungsstrom, der größer als 32 A ist, nicht betrachtet.

Die Entkoppelinduktivität muss durch den Hersteller des Koppel-/Entkoppelnetzwerks so ausgewählt werden, dass der Spannungsabfall über das Koppel-/Entkoppelnetzwerk 10 % der Eingangsspannung des Koppel-/Entkoppelnetzwerks nicht überschreitet, wenn der festgelegte Bemessungsstrom fließt. Jedoch sollte die Induktivität 1,5 mH nicht überschreiten.

Beispiele für Koppel-/Entkoppelnetzwerke für Wechselstrom-/Gleichstrom-Versorgungsanschlüsse sind in den Bildern 7 bis 10 gezeigt.

Die Restspannung der gedämpft schwingenden Welle (von Pk_1 bis Pk_{10}) an den Stromversorgungseingängen des Entkoppelnetzwerks darf bei abgetrenntem Prüfling 15 % der angewendeten Prüfspannung oder das Zweifache der Spitzen-Bemessungsspannung des Koppel-/Entkoppelnetzwerks, je nachdem, welcher Wert höher ist, nicht überschreiten.

Die vorgenannten Eigenschaften gelten für Einphasensysteme (Phase, Nullleiter, Schutzleiter) und für Dreiphasensysteme (drei Phasen, Nullleiter und Schutzleiter).

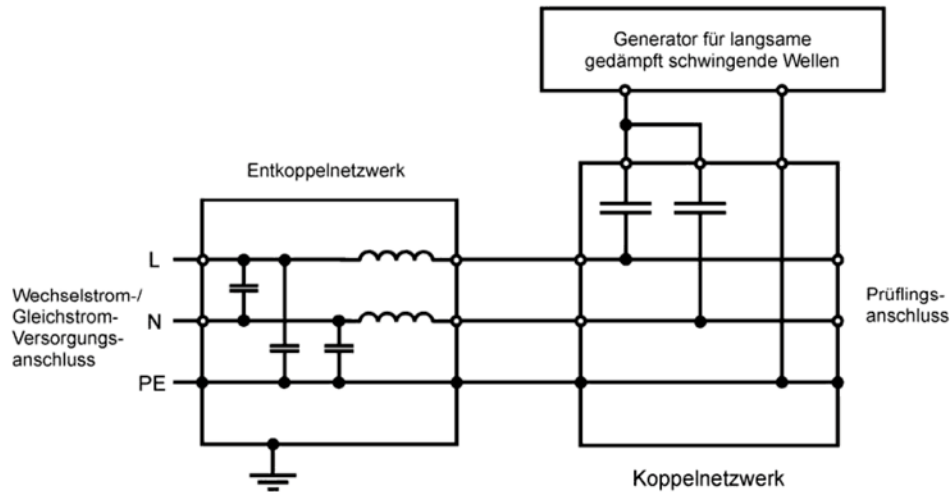


Bild 7 – Beispiel für ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk für die kapazitive Einkopplung auf Wechselstrom-/Gleichstrom-Leitungen: Einkopplung zwischen Leitung und Masse

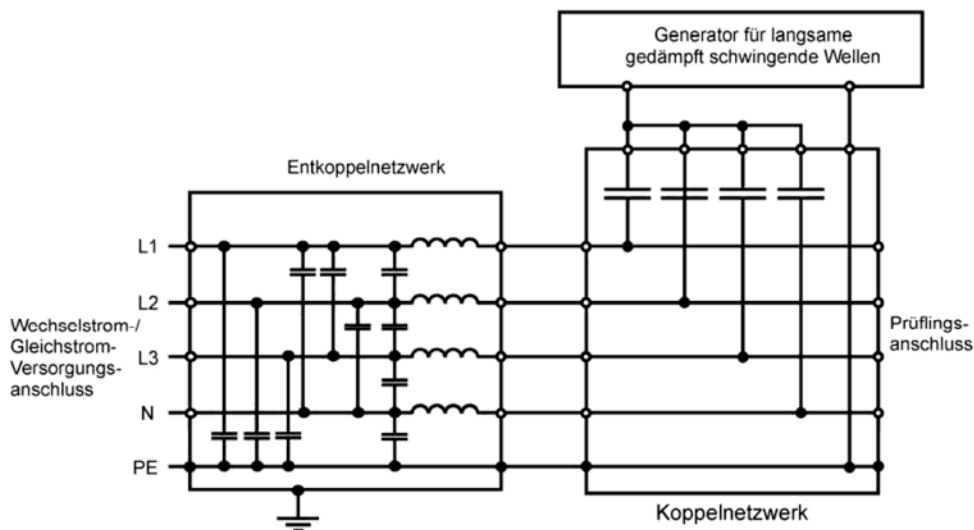


Bild 8 – Beispiel für ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk für die kapazitive Einkopplung auf Wechselstromleitungen (drei Phasen): Einkopplung zwischen Leitung und Masse

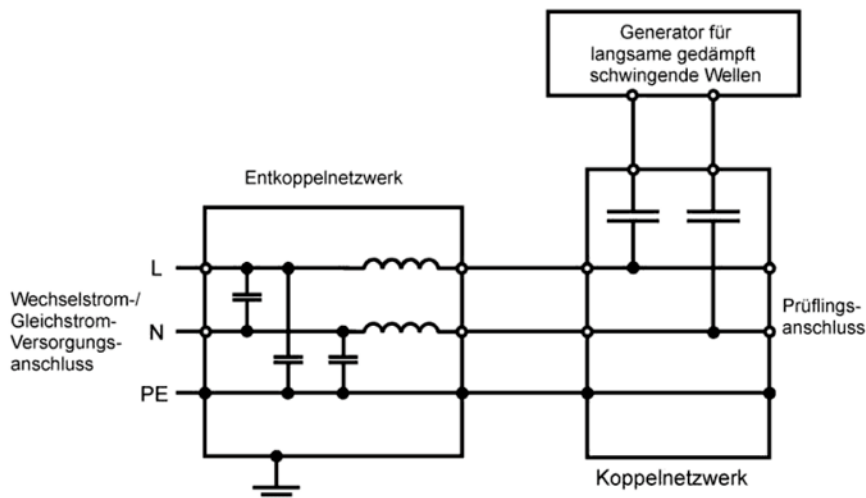


Bild 9 – Beispiel für ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk für die kapazitive Einkopplung auf Wechselstrom-/Gleichstrom-Leitungen: Einkopplung zwischen Leitung und Leitung

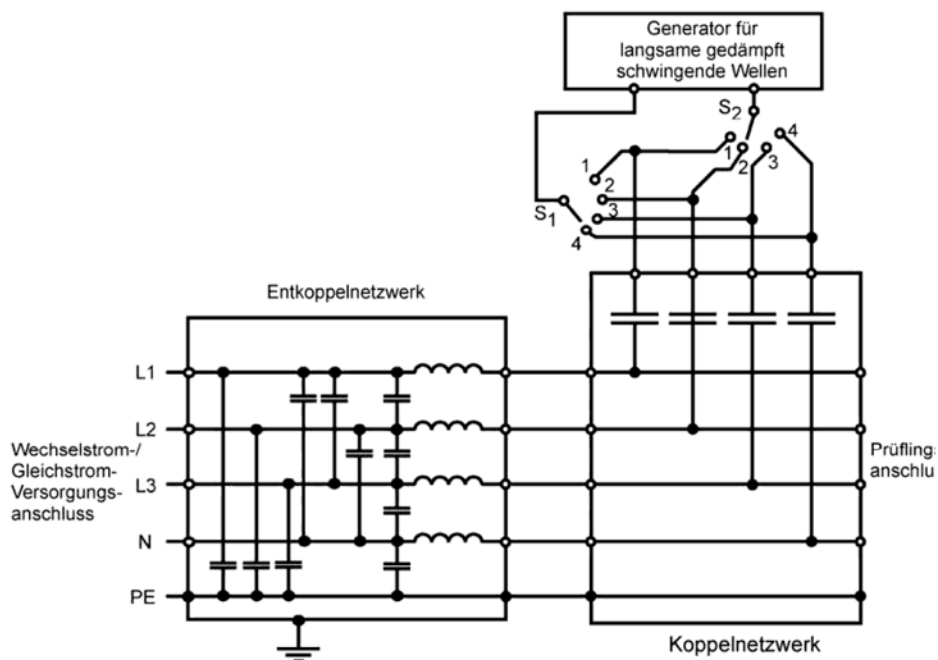


Bild 10 – Beispiel für ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk für die kapazitive Einkopplung auf Wechselstromleitungen (drei Phasen): Einkopplung zwischen Leitung L2 und Neutraleiter N

6.3.2.3 Koppel-/Entkoppelnetzwerke für Verbindungsleitungen

6.3.2.3.1 Einleitung

Das Einkopplungsverfahren muss in Abhängigkeit von den Arten oder der Funktion der Verbindungsleitungen, den Stromkreisen und den Betriebsbedingungen, die in der Produktspezifikation festgelegt werden, ausgewählt werden. Bild 11 zeigt ein Beispiel für ein typisches für Verbindungsleitungen verwendetes Koppel-/Entkoppelnetzwerk.

Die Einkopplung auf ungeschirmte Leitungen erfordert 0,5-µF-Koppelkapazitäten, die eine ausreichende Trennung zwischen den Verbindungsleitungen und dem Generator für gedämpft schwingende Wellen sicherstellen, aber eine wirksame Übertragung der gedämpft schwingende Welle erlauben.

Einkopplungen mit Hilfe von Kapazitäten sorgen für die Beibehaltung der Intaktheit der Wellenform, können aber Filtereffekte auf den schnellen Datentransfer ausüben.

Sämtliche Koppel-/Entkoppelnetzwerke müssen die Kalibrieranforderungen nach 6.4 erfüllen.

Die erforderlichen Entkopplungseigenschaften auf der AE-Seite hängen von der Anwendungsspezifikation ab und bestimmen den Wert der zu verwendenden Entkopplungselemente (Spulen, Widerstände, Kapazitäten, Gasentladungsableiter, Höchstwertbegrenzungs-(Schutz-)Elemente usw.). Um die bestmöglichen Entkopplungseigenschaften und den bestmöglichen Schutz der Zusatz-/Hilfseinrichtung sicherzustellen, ist für die Auswahl der Entkopplungselemente eine fallspezifische Analyse erforderlich.

Die Mindest-Entkopplungsdämpfung reicht möglicherweise nicht aus, um externe Signalquellen zu schützen, so dass zusätzliche Schutzgeräte erforderlich sein können.

Das Netzwerk kann aus einzelnen Einheiten bestehen, um die Prüfung von Ein-/Ausgängen mit einzelnen Stromkreisen oder Stromkreisgruppen (z. B. Mehrfach-Drähte mit einem gemeinsamen Ein-/Ausgang) zu ermöglichen.

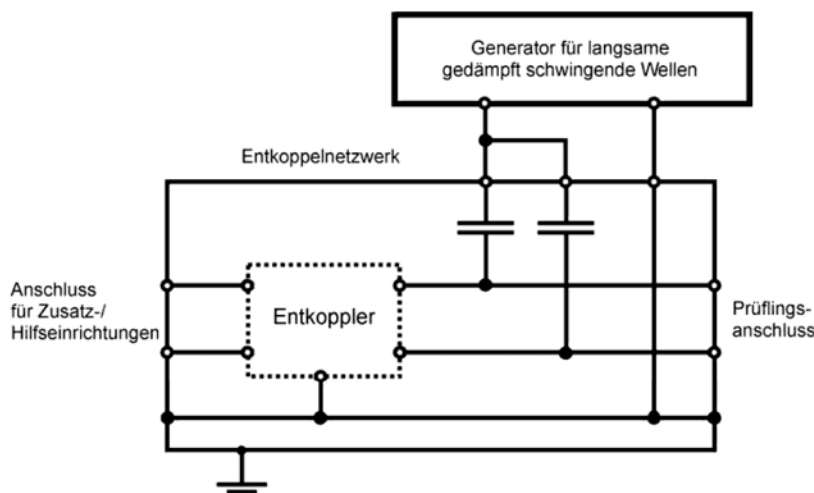


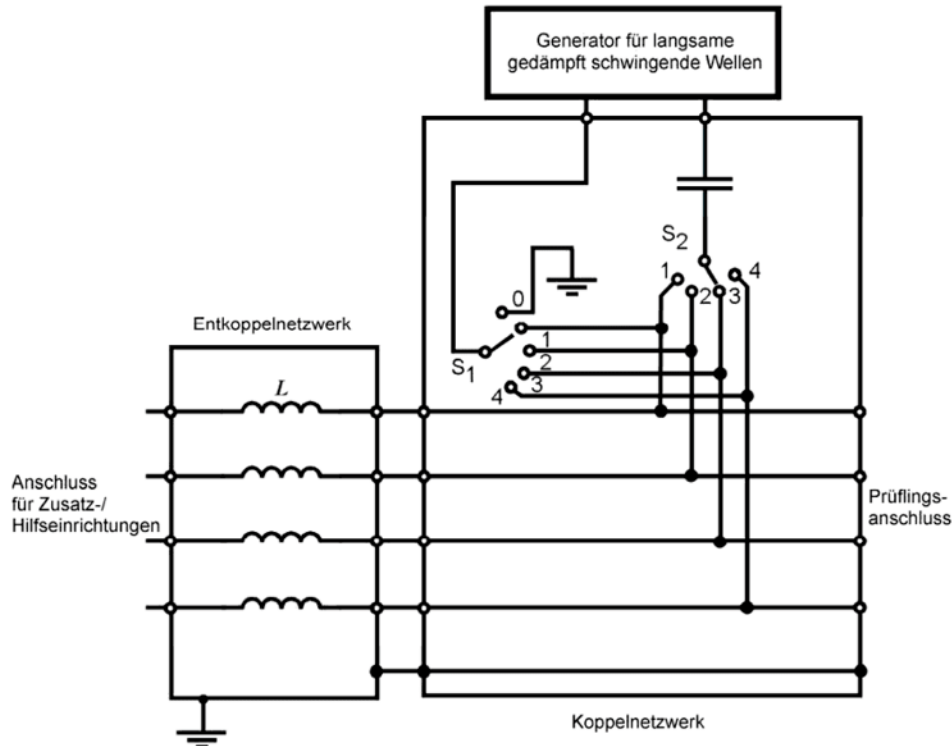
**Bild 11 – Beispiel für ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk für Verbindungsleitungen:
Einkopplung zwischen Leitung und Masse**

Der Entkoppelabschnitt des Koppel-/Entkoppelnetzwerks besteht im Allgemeinen aus Induktivitäten, die größer als 1,5 mH sind.

6.3.2.3.2 Koppel-/Entkoppelnetzwerke für ungeschirmte unsymmetrisch betriebene Verbindungsleitungen

Die Einkopplung auf ungeschirmte unsymmetrisch betriebene Verbindungsleitungen schließt beides – die Einkopplung zwischen Leitung und Leitung als auch zwischen Leitung und Masse – ein. Die Entkopplung wird durch eine Entkopplerdrossel je Leitung bewerkstelligt.

Ein Beispiel eines Koppel-/Entkoppelnetzwerks für ungeschirmte unsymmetrisch betriebene Verbindungsleitungen ist in Bild 12 gezeigt.



- 1) Schalter S_1
 - Leitung gegen Masse: Stellung 0
 - Leitung gegen Leitung: Stellungen 1 bis 4
- 2) Schalter S_2 : Stellungen 1 bis 4
 - während der Prüfung unterscheidet sich die Stellung von Schalter S_2 von derjenigen von Schalter S_1

Bild 12 – Beispiel für ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk für ungeschirmte unsymmetrisch betriebene Verbindungsleitungen: Einkopplung zwischen Leitung und Leitung und zwischen Leitung und Masse

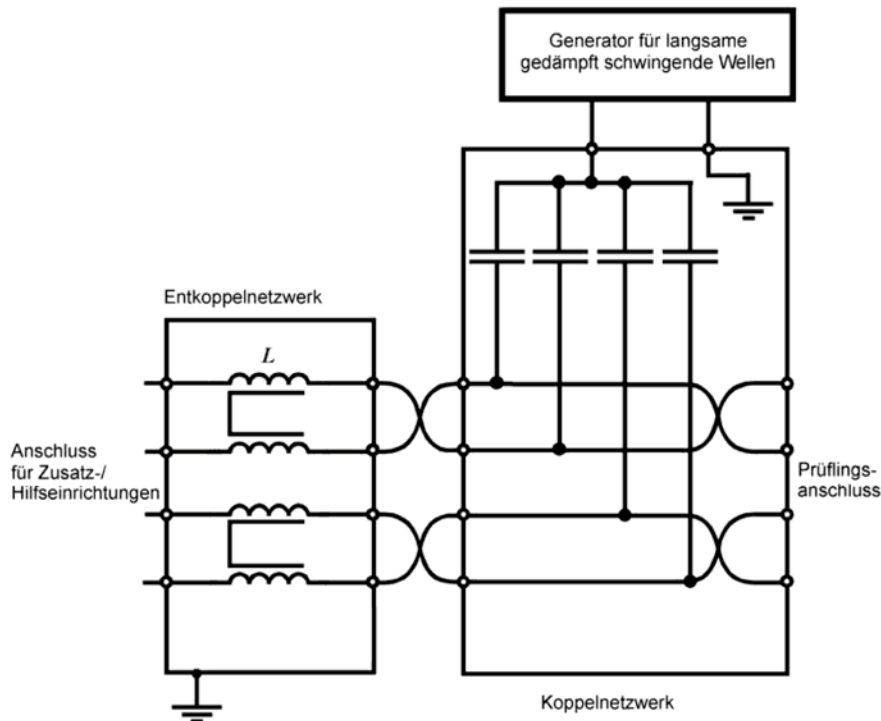
Die Einkopplung auf ungeschirmte unsymmetrisch betriebene Verbindungsleitungen erfordert $0,5\text{-}\mu\text{F}$ -Koppelkapazitäten. Der Entkoppelabschnitt des Koppel-/Entkoppelnetzwerks besteht im Allgemeinen aus Induktivitäten, die größer als $1,5\text{ mH}$ sind.

6.3.2.3.3 Koppel-/Entkoppelnetzwerke für ungeschirmte symmetrisch betriebene Verbindungsleitungen

Die Einkopplung auf symmetrisch betriebene Verbindungsleitungen (verdrehte Zweidrahtleitungen) findet aufgrund der charakteristischen Beschaffenheit der ungeschirmten Verkabelung stets asymmetrisch statt, d. h. Kopplung zwischen allen Leitungen und Masse.

Für die Entkopplung werden asymmetrische Drosseln verwendet, die einen schnellen Datentransfer erlauben und eine wirksame asymmetrische Entkopplung sicherstellen.

Ein Beispiel eines Koppel-/Entkoppelnetzwerks für ungeschirmte symmetrisch betriebene Verbindungsleitungen ist in Bild 13 gezeigt.



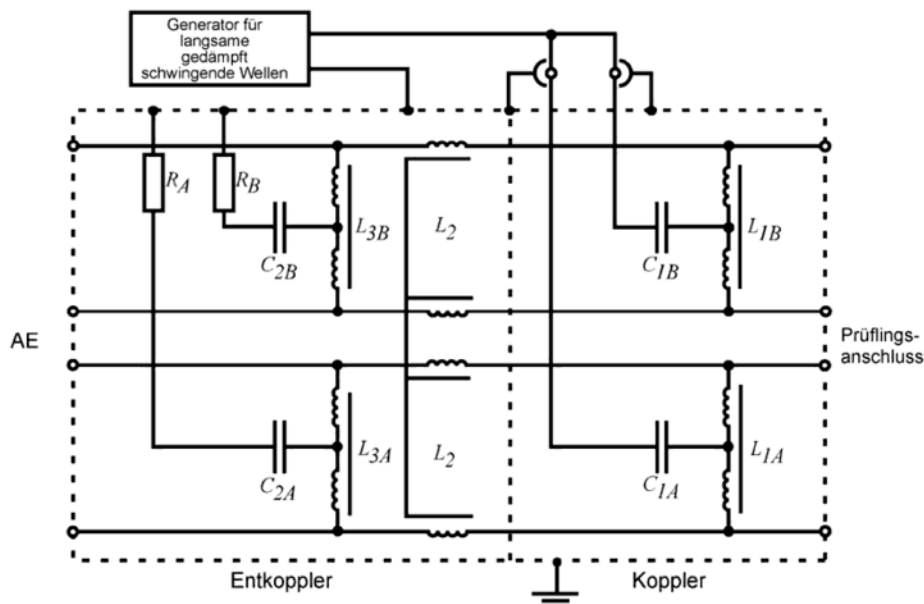
ANMERKUNG Die stromkompensierten Drosseln (L) können sämtliche vier Spulen oder nur Paare – wie im Bild gezeigt – enthalten, um wirksam zu sein.

Bild 13 – Beispiel für ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk für ungeschirmte symmetrisch betriebene Verbindungsleitungen: Einkopplung zwischen Leitungen und Masse

Bei ungeschirmten symmetrisch betriebenen Verbindungsleitungen können die in Bild 13 und Bild 14 gezeigten Beispiele verwendet werden. Der Wert der Koppelkapazität in Bild 13 muss $0,5 \mu\text{F}$ betragen.

Um zu vermeiden, dass die Koppel- und Entkoppelkapazitäten Filtereffekte auf den Datentransfer ausüben, ist ein symmetrischer Hochfrequenzaufbau, der die Koppelkapazitäten mit Koppeldrosseln verknüpft, erforderlich.

Bild 14 zeigt ein Beispiel eines Koppel- und Entkoppelnetzwerks für symmetrisch betriebene Verbindungsleitungen, das Prüfungen mit Übertragungsraten bis zu $1\,000 \text{ Mbit/s}$ erlaubt.



$R_A, R_B, C_1, C_2, L_1, L_2, L_3$: Sämtliche Komponenten werden so gewählt, dass die festgelegten Impulsparameter eingehalten werden.

Bild 14 – Beispiel für ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk für ungeschirmte symmetrisch betriebene Verbindungsleitungen: Einkopplung zwischen Leitungen und Masse über Kapazitäten

6.3.3 Koppel-/Entkoppelnetzwerke für schnelle gedämpft schwingende Wellen

6.3.3.1 Auswahl von Koppel-/Entkoppelnetzwerken für schnelle gedämpft schwingende Wellen

Für die Anwendung von schnellen gedämpft schwingenden Wellen werden verschiedene in 6.3.2 erwähnte Koppel-/Entkoppelnetzwerke zusammen mit dem Generator für schnelle gedämpft schwingende Wellen verwendet. Folgende Verfahren sind anwendbar:

- Bei Wechsel-/Gleichstrom-Versorgungsanschlüssen werden die in Bild 15 und Bild 16 gezeigten Beispiele verwendet.
- Bei Verbindungsleitungen wird das in Bild 17 gezeigte Beispiel verwendet.

ANMERKUNG Einzelheiten für den Fall, dass die Verwendung eines Koppel-/Entkoppelnetzwerks nicht geeignet ist, sind in 8.3 gegeben.

6.3.3.2 Koppel-/Entkoppelnetzwerke für schnelle gedämpft schwingende Wellen für Wechselstrom-/Gleichstrom-Versorgungsanschlüsse bis 32 A

Bei Wechselstrom- oder Gleichstrom-Versorgungsleitungen stellt das Entkoppelnetzwerk eine vergleichsweise hohe (Entkoppel-)Impedanz gegenüber schnellen gedämpft schwingenden Wellen bereit, erlaubt aber gleichzeitig den Stromfluss zum Prüfling. Diese Impedanz erlaubt es, die Wellenform der Spannung am Ausgang des Koppel-/Entkoppelnetzwerks zu entwickeln. Hochspannungskondensatoren werden für die Koppellemente verwendet und so bemessen, dass sie die Einkopplung der Wellenform in ihrer vollen Dauer in den Prüfling erlauben.

ANMERKUNG Gegenwärtig besitzen alle Betriebsmittel (Geräte, Einrichtungen), die dieser Norm unterworfen werden, einen Bemessungsstrom bis 32 A. Daher wurden Koppel-/Entkoppelnetzwerke mit einem Bemessungsstrom, der größer als 32 A ist, nicht betrachtet.

Die Entkoppelinduktivität muss durch den Hersteller des Koppel-/Entkoppelnetzwerks so ausgewählt werden, dass der Spannungsabfall über das Koppel-/Entkoppelnetzwerk 10 % der Eingangsspannung des Koppel-/Entkoppelnetzwerks nicht überschreitet, wenn der festgelegte Bemessungsstrom fließt. Jedoch sollte die Induktivität 1,5 mH nicht überschreiten.

Beispiele für Koppel-/Entkoppelnetzwerke für Wechselstrom-/Gleichstrom-Versorgungsanschlüsse sind in den Bildern 15 und 16 gezeigt.

Die Restspannung der gedämpft schwingenden Welle (von Pk_1 bis Pk_{10}) an den Stromversorgungseingängen des Entkoppelnetzwerks darf bei abgetrenntem Prüfling 15 % der angewendeten Prüfspannung oder das Zweifache der Spitzen-Bemessungsspannung des Koppel-/Entkoppelnetzwerks, je nachdem, welcher Wert höher ist, nicht überschreiten.

Die vorgenannten Eigenschaften gelten für Einphasensysteme (Phase, Nullleiter, Schutzleiter) und für Dreiphasensysteme (drei Phasen, Nullleiter und Schutzleiter).

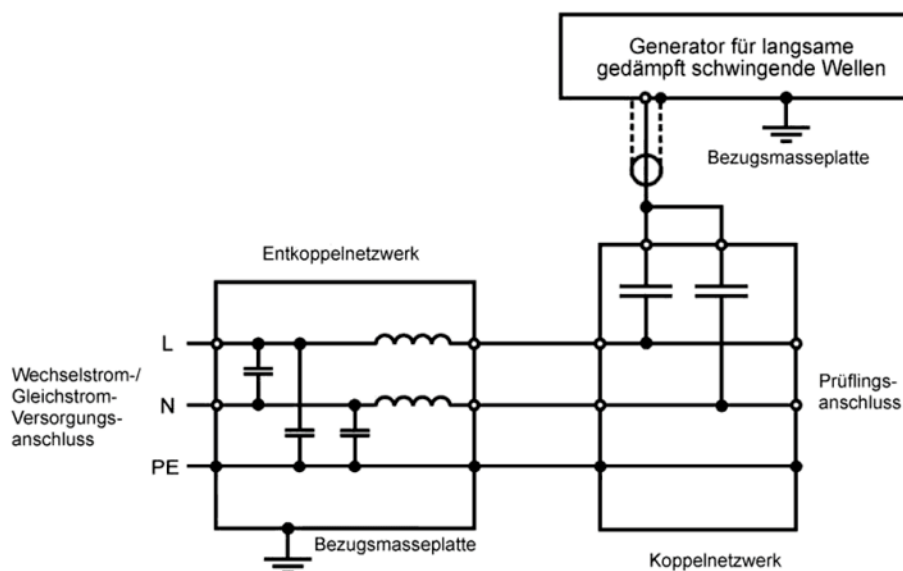


Bild 15 – Beispiel für ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk für einphasige Wechselstrom-/Gleichstrom-Versorgungen: Einkopplung zwischen Leitung und Masse

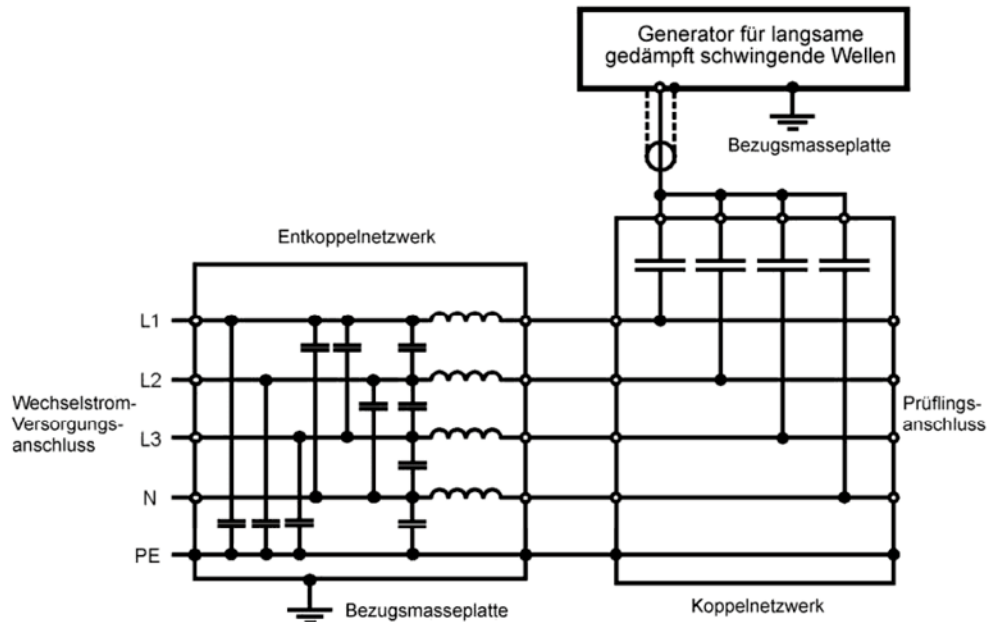


Bild 16 – Beispiel für ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk für dreiphasige Wechselstromversorgungen: Einkopplung zwischen Leitung und Masse

6.3.3.3 Koppel-/Entkoppelnetzwerke für schnelle gedämpft schwingende Wellen für Verbindungsleitungen

Das Einkopplungsverfahren muss in Abhängigkeit von den Arten oder der Funktion der Verbindungsleitungen, den Stromkreisen und den Betriebsbedingungen, die in der Produktspezifikation festgelegt werden, ausgewählt werden. Bild 17 zeigt ein Beispiel für ein typisches für Verbindungsleitungen verwendetes Koppel-/Entkoppelnetzwerk.

Die Einkopplung auf ungeschirmte Leitungen erfordert 33-nF-Koppelkapazitäten, die eine ausreichende Trennung zwischen den Verbindungsleitungen und dem Generator für gedämpft schwingende Wellen sicherstellen, aber eine wirksame Übertragung der gedämpft schwingende Welle erlauben.

Einkopplungen mit Hilfe von Kapazitäten sorgen für die Beibehaltung der Intaktheit der Wellenform, können aber Filtereffekte auf den schnellen Datentransfer ausüben.

Die Durchbruchspannung der Koppelkapazität muss so niedrig wie möglich gewählt werden, jedoch höher als die maximale Betriebsspannung der zu prüfenden Leitungen.

Sämtliche Koppel-/Entkoppelnetzwerke müssen die Kalibrieranforderungen nach 6.4 erfüllen.

Im Entkoppelnetzwerk müssen stromkompensierte Induktivitäten verwendet werden, wenn die Signalleitungen symmetrisch sind.

Die erforderlichen Entkopplungseigenschaften auf der AE-Seite hängen von der Anwendungsspezifikation ab und bestimmen den Wert der zu verwendenden Entkopplungselemente (Spulen, Widerstände, Kapazitäten, Gasentladungsableiter, Höchstwertbegrenzungs-(Schutz-)Elemente usw.). Um die bestmöglichen Entkopplungseigenschaften und den bestmöglichen Schutz der Zusatz-/Hilfseinrichtung sicherzustellen, ist für die Auswahl der Entkopplungselemente eine fallspezifische Analyse erforderlich.

Die Mindest-Entkopplungsdämpfung reicht möglicherweise nicht aus, um externe Signalquellen zu schützen, so dass zusätzliche Schutzgeräte erforderlich sein können.

Das Netzwerk kann aus einzelnen Einheiten bestehen, um die Prüfung von Ein-/Ausgängen mit einzelnen Stromkreisen oder Stromkreisgruppen (z. B. Mehrfach-Drähte mit einem gemeinsamen Ein-/Ausgang) zu ermöglichen.

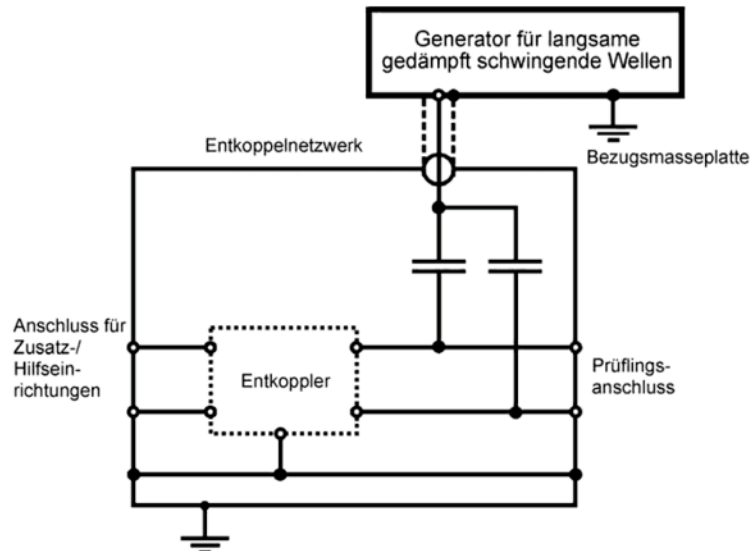


Bild 17 – Beispiel für ein Koppel-/Entkoppelnetzwerk für schnelle gedämpft schwingende Wellen für Verbindungsleitungen: Einkopplung zwischen Leitung und Masse

Der Entkoppelabschnitt des Koppel-/Entkoppelnetzwerks (für die Prüfung mit schnellen gedämpft schwingenden Wellen) ist aus Induktivitäten, die $> 100 \mu\text{H}$ sind, gefertigt.

6.4 Kalibrierung von Koppel-/Entkoppelnetzwerken

6.4.1 Allgemeines

Um einen Vergleich der mit verschiedenen Koppel-/Entkoppelnetzwerken gewonnenen Prüfergebnisse zu ermöglichen, müssen die Koppel-/Entkoppelnetzwerke in regelmäßigen Zeitabständen kalibriert werden. Für diesen Zweck ist das nachfolgende Verfahren notwendig, um die wesentlichsten Eigenschaften der Koppel-/Entkoppelnetzwerke zu messen. Die am Prüflingsanschluss eines Koppel-/Entkoppelnetzwerks gemessenen Kennwerte der Wellenform hängen von der Generatorquelle ab und können daher für verschiedene Generatoren unterschiedlich sein.

Die für die Kalibrierung von Koppel-/Entkoppelnetzwerken verwendete Messeinrichtung muss die gleichen Anforderungen, wie sie für die Kalibrierung des Generators gelten (siehe 6.2.1.3 bzw. 6.2.2.3), erfüllen.

Kalibrierungen müssen bei den Prüfpegeln durchgeführt werden, mit denen der Prüfling beaufschlagt wird.

Die Leerlaufspannung U_{Pk1} , die Anstiegszeit und der Abfall müssen unter Leerlaufbedingungen gemessen werden. Der Kurzschlussstrom I_{Pk1} muss unter Kurzschlussbedingungen gemessen werden.

Die Restspannung der gedämpft schwingenden Welle, die zwischen den Leitungen, in die eingekoppelt wird, und Masse am Wechselstrom-/Gleichstrom-Versorgungseingang des Entkoppelnetzwerks bei nicht angeschlossenem Prüfling und nicht angeschlossenem Stromversorgungsnetz gemessen wird, darf 15 % der höchsten angelegten Prüfspannung oder den zweifachen Scheitelwert der Bemessungsspannung des Koppel-/Entkoppelnetzwerks, je nachdem, welcher Wert höher ist, nicht überschreiten. Die unerwünschte Spannung der gedämpft schwingenden Welle, die zwischen den Leitungen, in die nicht eingekoppelt wird, und Masse bei nicht angeschlossenem Prüfling und nicht angeschlossenem Stromversorgungsnetz gemessen wird, darf 15 % der höchsten angelegten Prüfspannung (Leerlauf) nicht überschreiten.

Die Restspannung der gedämpft schwingenden Welle, die zwischen den Leitungen, in die eingekoppelt wird, und Masse auf der AE-Seite des Koppel-/Entkoppelnetzwerks für Verbindungsleitungen bei nicht angeschlossenem Prüfling und nicht angeschlossener Zusatz-/Hilfseinrichtung (AE) gemessen wird, muss gemessen und festgehalten werden, so dass Anwender des Koppel-/Entkoppelnetzwerks bestimmen können, ob der Schutz für die Verwendung (des Koppel-/Entkoppelnetzwerks) mit einer speziellen Zusatz-/Hilfseinrichtung (AE) ausreichend ist.

ANMERKUNG Gegenwärtig sind keine Grenzwerte für die Restspannung bei Koppel-/Entkoppelnetzwerken für Verbindungsleitungen festgelegt.

6.4.2 Kalibrierung von Koppel-/Entkoppelnetzwerken für langsame gedämpft schwingende Wellen

Kalibrierungen müssen der Reihe nach für jeden einzelnen Anschluss unter Leerlauf- und unter Kurzschlussbedingungen für P_{k1} am Prüflingsanschluss des Koppel-/Entkoppelnetzwerks durchgeführt werden. Beide Polaritäten (positiv und negativ) müssen kalibriert werden.

Die in 6.4.1 festgelegten Anforderungen und die in Tabelle 4 aufgeführten Eigenschaften müssen am Ausgang des Koppel-/Entkoppelnetzwerks bei nicht angeschlossenem Wechselstrom-/Gleichstrom-Versorgungsanschluss und nicht angeschlossenem Prüflingsanschluss erfüllt werden.

**Tabelle 4 – Festlegungen für die Wellenform der gedämpft schwingenden Welle
am Prüflingsanschluss des Koppel-/Entkoppelnetzwerks für
langsame gedämpft schwingende Wellen**

Auswahl des Koppel-/Entkoppelnetzwerks	Schwingungsfrequenzen der Spannung $\pm 10 \%$	SDOWG Ausgangsspannung	U_{pk1} am Prüflingsanschluss des CDN $\pm 10 \%$	Anstiegszeit der Spannung T_1 $\pm 20 \%$	Abklingen der Spannung U_{pk5}	Abklingen der Spannung U_{pk10}	I_{pk1} am Prüflingsanschluss des CDN $\pm 20 \%$
CDN (Bild 7, Bild 8) asymmetrisch	100 kHz	0,5 kV	0,5 kV	75 ns	> 50 % von U_{pk1}	< 50 % von U_{pk1}	2,5 A
	1 MHz	1,0 kV	1,0 kV				5 A
		2,0 kV ^a	2,0 kV ^a				10 A ^a
CDN (Bild 9, Bild 10) symmetrisch	100 kHz	0,25 kV	0,25 kV	75 ns	> 50 % von U_{pk1}	< 50 % von U_{pk1}	1,25 A
	1 MHz	0,5 kV	0,5 kV				2,5 A
		1,0 kV	1,0 kV				5 A
CDN (Bild 11) asymmetrisch	100 kHz	0,5 kV	0,5 kV	75 ns	> 50 % von U_{pk1}	< 50 % von U_{pk1}	2,5 A
	1 MHz	1,0 kV	1,0 kV				5 A
		2,0 kV ^a	2,0 kV ^a				10 A ^a
CDN (Bild 12) symmetrisch	100 kHz	0,25 kV	0,25 kV	75 ns	> 50 % von U_{pk1}	< 50 % von U_{pk1}	1,25 A
	1 MHz	0,5 kV	0,5 kV				2,5 A
		1,0 kV	1,0 kV				5 A
CDN (Bild 13, Bild 14) asymmetrisch	100 kHz	0,5 kV	0,5 kV	75 ns	> 50 % von U_{pk1}	< 50 % von U_{pk1}	2,5 A
	1 MHz	1,0 kV	1,0 kV				5 A
		2,0 kV ^a	2,0 kV ^a				10 A ^a
ANMERKUNG Die Wellenformen an den Ausgangsanschlüssen des Koppel-/Entkoppelnetzwerks müssen mit den gleichen Grenzabweichungen wie am Generator-Ausgangsanschluss übereinstimmen.							
^a Für Betriebsmittel (Geräte, Einrichtungen) für Schaltstationen wird der Wert auf 2,5 kV/12,5 A erhöht.							

6.4.3 Kalibrierung von Koppel-/Entkoppelnetzwerken für schnelle gedämpft schwingende Wellen

Die Kalibrierungen müssen mit asymmetrischer Einkopplung durchgeführt werden. Dies bedeutet, dass die gedämpft schwingenden Wellen auf alle Leitungen gleichzeitig eingekoppelt werden.

Kalibrierungen müssen der Reihe nach für jeden einzelnen Anschluss unter Kurzschlussbedingungen für Pk_1 am Prüflingsanschluss des Koppel-/Entkoppelnetzwerks durchgeführt werden. Beide Polaritäten (positiv und negativ) müssen kalibriert werden.

Bei Koppel-/Entkoppelnetzwerken für Wechselstrom-/Gleichstrom-Versorgungsanschlüsse müssen Kalibrierungen mit einer Einstellung des jeweiligen Generators durchgeführt werden, bei der am Generatorausgang diejenigen Prüfpegel vorhanden sind, mit denen der Prüfling beaufschlagt wird. Der Generator wird mit dem Eingang des Koppel-/Entkoppelnetzwerks verbunden. Jeder einzelne Ausgang (L1, L2, L3, N, üblicherweise mit dem Prüfling verbunden) des Koppel-/Entkoppelnetzwerks wird mit dem Nebenwiderstand (Shunt) von $0,1\ \Omega$ gegen die Bezugsmasseplatte belastet, während die anderen Ausgänge jeweils im Leerlauf sind. Der Spitzenwert des Stroms und die Wellenform werden festgehalten. Bild 18 zeigt eine der vier Kalibriermessungen, nämlich die Kalibrierung von L1, abgeschlossen zur Bezugsmasseplatte.

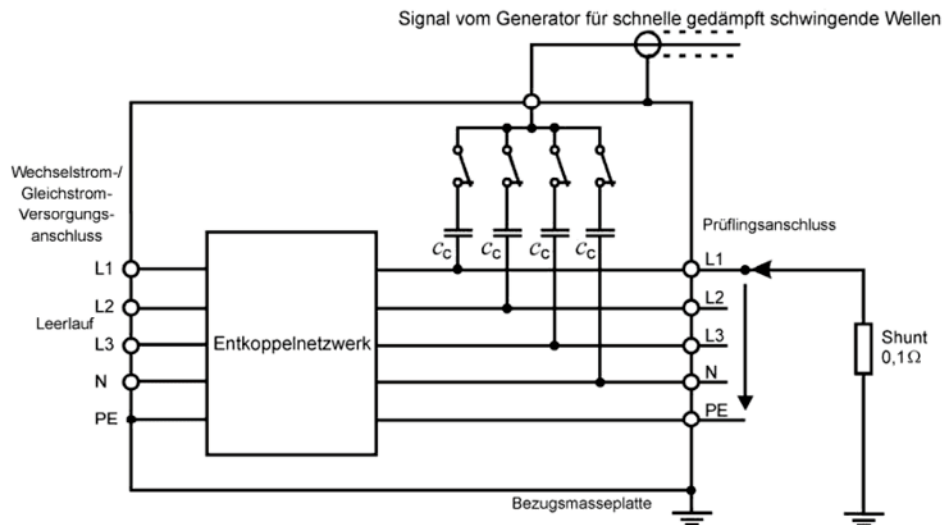


Bild 18 – Beispiel für einen Kalibrieraufbau für Koppel-/Entkoppelnetzwerke für schnelle gedämpft schwingende Wellen für Wechselstrom-/Gleichstrom-Versorgungsanschlüsse

Bei Koppel-/Entkoppelnetzwerken für Verbindungsleitungen müssen Kalibrierungen einzeln für jede Koppelleitung an jedem Prüflingsanschluss (SC1, SC2) des Koppel-/Entkoppelnetzwerks mit einem einzelnen Nebenwiderstand (Shunt) von $0,1\ \Omega$ zur Bezugsmasseplatte unter Zugrundelegung der Spezifikationen der [Tabelle 5](#) durchgeführt werden. [Bild 19](#) zeigt eine der beiden Kalibriermessungen, nämlich die Kalibrierung von SC1 gegen die Bezugsmasseplatte.

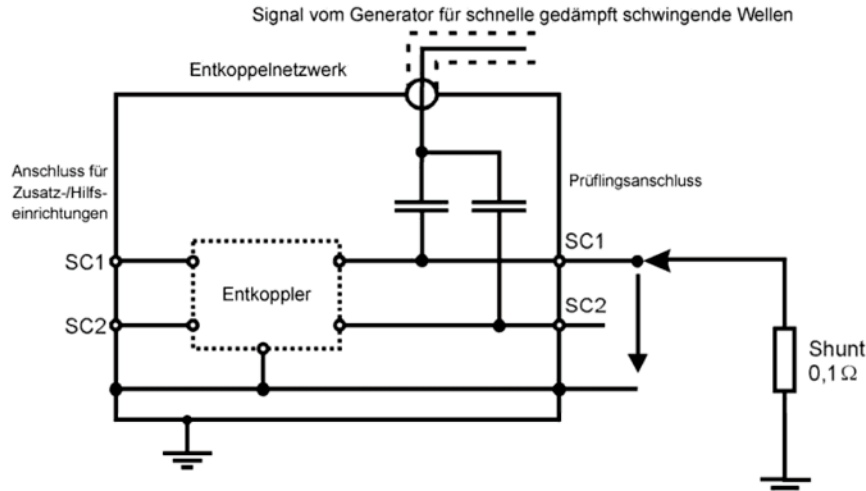


Bild 19 – Beispiel für einen Kalibrier Aufbau für Koppel-/Entkoppelnetzwerke für schnelle gedämpft schwingende Wellen für Verbindungsleitungen

ANMERKUNG 1 Die Verifizierung für jede Koppelleitung (des Koppel-/Entkoppelnetzwerks) einzeln wird durchgeführt, um sicherzustellen, dass jede Leitung ordnungsgemäß funktioniert und kalibriert ist.

ANMERKUNG 2 Es sollte sorgfältig darauf geachtet werden, dass Koaxialadapter gegen Schnittstellen zur Verbindung mit dem Ausgang des Koppel-/Entkoppelnetzwerks verwendet werden.

Die Verbindung zwischen dem Ausgang des Koppel-/Entkoppelnetzwerks und dem Koaxialadapter sollte so kurz wie möglich sein und darf 0,1 m nicht überschreiten.

Die in 6.4.1 festgelegten Anforderungen und die in Tabelle 5 aufgeführten Eigenschaften müssen am Ausgang des Koppel-/Entkoppelnetzwerks bei nicht angeschlossenem Wechselstrom-/Gleichstrom-Versorgungsanschluss und nicht angeschlossenem Anschluss für Zusatz-/Hilfseinrichtungen erfüllt werden.

Tabelle 5 – Festlegungen für die Wellenform der gedämpft schwingenden Welle am Prüflingsanschluss von Koppel-/Entkoppelnetzwerken für schnelle gedämpft schwingende Wellen

Auswahl des Koppel-/Entkoppelnetzwerks	FDOWG Output voltage	I_{pk1} am Prüflings- anschluss des CDN $\pm 20 \%$	Schwingungs- frequenzen des Stroms $\pm 30 \%$	Anstiegszeit der Spannung T_1	Abklingen des Stroms I_{pk5}	Abklingen des Stroms I_{pk10}
CDN (Bild 18, Bild 19) asymmetrisch	0,5 kV	10 A	3 MHz	< 330 ns	> 25 %	< 25 %
	1,0 kV	20 A	10 MHz	< 100 ns	von I_{pk1}	von I_{pk1}
	2,0 kV	40 A	30 MHz	< 33 ns		
	4,0 kV	80 A				