

	DIN EN 55016-1-1 (VDE 0876-16-1-1)	
	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 33.100.01

Ersatz für

**DIN EN 55016-1-1
(VDE 0876-16-1-1):2008-10**

Siehe jedoch Beginn der Gültigkeit

Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 1-1: Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Messgeräte (IEC/CISPR 16-1-1:2010); Deutsche Fassung EN 55016-1-1:2010

Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Measuring apparatus (IEC/CISPR 16-1-1:2010); German version EN 55016-1-1:2010

Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-1: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Appareils de mesure (CEI/CISPR 16-1-1:2010); Version allemande EN 55016-1-1:2010

Gesamtumfang 89 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2010-03-01 angenommene EN 55016-1-1 gilt als DIN-Norm ab 2010-09-01.

Daneben darf **DIN EN 55016-1-1 (VDE 0876-16-1-1):2008-10** noch bis 2013-03-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 55016-1-1 (VDE 0876-16-1-1):2009-03.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium UK 767.4 „Geräte und Verfahren zum Messen von elektromagnetischen Aussendungen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informations-technik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom SC A „Radio interference measurements and statistical methods“ des Internationalen Sonderausschusses für Funkstörungen (CISPR) der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet.

Änderungen gegenüber der vorherigen Ausgabe sind am Rand durch einen senkrechten Strich gekennzeichnet.

Die Neuausgabe der Norm dient insbesondere der Ergänzung von Festlegungen für Spektrumanalysatoren ohne Vorselektion in der Internationalen Norm IEC/CISPR 16-1-1 bzw. der Europäischen Norm EN 55016-1-1 bzw. der DIN EN 55016-1-1 (VDE 0876-16-1-1).

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

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

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 55016-1-1 (VDE 0876-16-1-1):2008-10** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Straffung des Anwendungsbereichs (Abschnitt 1) durch Zusammenfassung des Begriffs „Funkstörmess-empfänger“ und zusätzliche Klarstellung, dass Spektrumanalysatoren ebenfalls erfasst werden;
- b) Ergänzung des Begriffs 3.11 Messempfänger;
- c) Übernahme der ursprünglich in 4.2 enthaltenen Festlegungen in einen neuen Anhang H und Ergänzung einer Verweisung auf diesen Anhang im Abschnitt 4; wegen der zusätzlichen Einfügung der Zwischenüberschrift 4.1 bleiben die Abschnittsnummern unverändert;
- d) Verschiebung der Anmerkung unter 4.4 nach 4.4.1;
- e) Ergänzung von Festlegungen für Spektrumanalysatoren ohne Vorselektion in 4.4.2;
- f) Ergänzung in 4.6, dass sich die Dämpfung von Intermodulationseffekten um mindestens 36 dB auf Messempfänger bezieht, während sich für Spektrumanalysatoren eine Dämpfung von mindestens 20 dB ergeben muss;
- g) Korrektur des Wertes 50 μV in 51 dB(μV) in 4.8.2.2, auf die bisher in einer nationalen Fußnote bereits hingewiesen wurde; die nationale Fußnote wurde daher gestrichen;
- h) Ergänzung eines neuen Anhangs I mit einer Beschreibung der wesentlichen Unterschiede zwischen Funkstörmessempfängern und Spektrumanalysatoren;
- i) redaktionelle Überarbeitung und teilweise Umstrukturierung der Norm.

Frühere Ausgaben

- DIN 57876-1 (VDE 0876-1): 1978-09
- DIN 57876-1a (VDE 0876-1a): 1980-06
- DIN 57876-2 (VDE 0876-2): 1984-04
- DIN VDE 0876-3 (VDE 0876-3): 1987-06
- DIN EN 55016-1-1 (VDE 0876-16-1-1): 2005-09, 2006-04, 2007-10, 2008-10

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
–	IEC 60050(161):1990 + A1:1997 + A2:1998	1)	–
EN 50065-1:2001 + A1:2010	IEC 61000-3-8:1997 ²⁾	DIN EN 50065-1 (VDE 0808-1):2010-05	VDE 0808-1
EN 55011:2009	IEC/CISPR 11:2009	DIN EN 55011 (VDE 0875-11):2010-05	VDE 0875-11
EN 55014-1:2006	IEC/CISPR 14-1:2005	DIN EN 55014-1 (VDE 0875-14-1):2007-06	VDE 0875-14-1
EN 55016-1-2:2004 + A1:2005 + A2:2006	IEC/CISPR 16-1-2:2003 + A1:2004 + A2:2006	DIN EN 55016-1-2 (VDE 0876-16-1-2):2007-08	VDE 0876-16-1-2
EN 55016-1-3:2006	IEC/CISPR 16-1-3:2004 + Corrigendum:2006-02	DIN EN 55016-1-3 (VDE 0876-16-1-3):2007-05	VDE 0876-16-1-3
EN 55016-1-4:2007 + A1:2008 + A2:2009	IEC/CISPR 16-1-4:2007 + A1:2007 + A2:2008	DIN EN 55016-1-4 (VDE 0876-16-1-4):2010-04	VDE 0876-16-1-4
EN 55016-1-5:2004	IEC/CISPR 16-1-5:2003	DIN EN 55016-1-5 (VDE 0876-16-1-5):2005-09	VDE 0876-16-1-5
EN 55016-2-1:2009	IEC/CISPR 16-2-1:2008	DIN EN 55016-2-1 (VDE 0877-16-2-1):2009-12	VDE 0877-16-2-1

1) „Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Deutsche Ausgabe“, Online-Zugang: <http://www.dke.de/dke-iev>.

2) Die IEC 61000-3-8:1997 stellt eine eigenständige Internationale Norm dar, die zugunsten der EN 50065-1 nicht als EN übernommen wurde. Sie stellt die zur EN 50065-1 korrespondierende Internationale Norm dar, ist jedoch nicht inhaltsgleich zur EN 50065-1. Zugunsten der Übernahme der EN 50065-1 erfolgte keine Übernahme der IEC 61000-3-8:1997 in das deutsche Normenwerk.

Tabelle NA.1 (fortgesetzt)

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 55016-2-2:2004 + A1:2005 + A2:2005	IEC/CISPR 16-2-2:2003 + A1:2004 + A2:2005	DIN EN 55016-2-2 (VDE 0877-16-2-2):2006-05	VDE 0877-16-2-2
EN 55016-2-3:2006	IEC/CISPR 16-2-3:2006	DIN EN 55016-2-3 (VDE 0877-16-2-3):2007-08	VDE 0877-16-2-3
EN 55016-2-4:2004	IEC/CISPR 16-2-4:2003	DIN EN 55016-2-4 (VDE 0877-16-2-4):2005-09	VDE 0877-16-2-4
–	IEC/CISPR/TR 16-3:2003 + A1:2005 + A2:2006	–	–
–	IEC/CISPR/TR 16-4-1:2009	–	–
EN 55016-4-2:2004	IEC/CISPR 16-4-2:2003	DIN EN 55016-4-2 (VDE 0876-16-4-2):2005-09	VDE 0876-16-4-2
–	IEC/CISPR/TR 16-4-3:2004 + A1:2006	–	–
–	IEC/CISPR/TR 16-4-4:2003	–	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 50065-1 (VDE 0808-1), *Signalübertragung auf elektrischen Niederspannungsnetzen im Frequenzbereich 3 kHz bis 148,5 kHz – Teil 1: Allgemeine Anforderungen, Frequenzbänder und elektromagnetische Störungen*

DIN EN 55011 (VDE 0875-11):2010-05, *Industrielle, wissenschaftliche und medizinische Hochfrequenzgeräte (ISM-Geräte) – Funkstörungen – Grenzwerte und Messverfahren (IEC/CISPR 11:2009, modifiziert); Deutsche Fassung EN 55011:2009*

DIN EN 55014-1 (VDE 0875-14-1):2007-06, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Anforderungen an Haushaltgeräte, Elektrowerkzeuge und ähnliche Elektrogeräte – Teil 1: Störaussendung (IEC/CISPR 14-1:2005); Deutsche Fassung EN 55014-1:2006*

DIN EN 55016-1-2 (VDE 0876-16-1-2), *Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 1-2: Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Zusatz-/Hilfseinrichtungen – Leitungsgeführte Störaussendung*

DIN EN 55016-1-3 (VDE 0876-16-1-3), *Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 1-3: Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Zusatz-/Hilfseinrichtungen – Störleistung*

DIN EN 55016-1-4 (VDE 0876-16-1-4), *Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 1-4: Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Zusatz-/Hilfseinrichtungen – Gestrahlte Störaussendung*

DIN EN 55016-1-5 (VDE 0876-16-1-5), *Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 1-5:*

Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Messplätze für die Antennenkalibrierung von 30 MHz bis 1 000 MHz

DIN EN 55016-2-1 (VDE 0877-16-2-1):2009-12, Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 2-1: Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Messung der leitungsgeführten Störaussendung (IEC/CISPR 16-2-1:2008); Deutsche Fassung
EN 55016-2-1:2009

DIN EN 55016-2-2 (VDE 0877-16-2-2):2006-05, Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 2-2: Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Messung der Störleistung (IEC/CISPR 16-2-2:2003 + A1:2004 + A2:2005); Deutsche Fassung
EN 55016-2-2:2004 + A1:2005 + A2:2005

DIN EN 55016-2-3 (VDE 0877-16-2-3):2007-08, Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 2-3: Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Messung der gestrahlten Störaussendung (IEC/CISPR 16-2-3:2006); Deutsche Fassung
EN 55016-2-3:2006

DIN EN 55016-2-4 (VDE 0877-16-2-4), Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 2-4: Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Messungen der Störfestigkeit

DIN EN 55016-4-2 (VDE 0876-16-4-2), Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Teil 4-2: Unsicherheiten, Statistik und Modelle zur Ableitung von Grenzwerten (Störmodelle) – Unsicherheit bei EMV-Messungen

– Leerseite –

Deutsche Fassung

Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung
der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit –
Teil 1-1: Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung
(Funkstörungen) und Störfestigkeit –
Messgeräte
(IEC/CISPR 16-1-1:2010)

Specification for radio disturbance and immunity
measuring apparatus and methods –
Part 1-1: Radio disturbance and immunity
measuring apparatus –
Measuring apparatus
(IEC/CISPR 16-1-1:2010)

Spécifications des méthodes et des appareils
de mesure des perturbations radioélectriques
et de l'immunité aux perturbations
radioélectriques –
Partie 1-1: Appareils de mesure des
perturbations radioélectriques et de l'immunité
aux perturbations radioélectriques –
Appareils de mesure
(CEI/CISPR 16-1-1:2010)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2010-03-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

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

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

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

CENELEC

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

Zentralsekretariat: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Vorwort

Der Text des Schriftstücks IEC/CISPR/A/867/FDIS, zukünftige 3. Ausgabe von IEC/CISPR 16-1-1, ausgearbeitet von dem IEC/CISPR SC A „Radio interference measurements and statistical methods“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2010-03-01 als EN 55016-1-1 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 55016-1-1:2007 + A1:2007 + A2:2008.

Die hauptsächlich technische Änderung gegenüber EN 55016-1-1:2007 und ihren Änderungen besteht aus der Ergänzung von neuen Festlegungen für die Verwendung von Spektrumanalysatoren für Konformitätsmessungen.

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

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2010-12-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2013-03-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC/CISPR 16-1-1:2010 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

- | | | | |
|-----|-----------------------------|-----------|---|
| [1] | IEC/CISPR 16-1-2:2003 | ANMERKUNG | Harmonisiert als EN 55016-1-2:2004 (nicht modifiziert). |
| [2] | IEC/CISPR 16-1-3:2004 | ANMERKUNG | Harmonisiert als EN 55016-1-3:2006 (nicht modifiziert). |
| [3] | IEC/CISPR 16-1-4:2007 | ANMERKUNG | Harmonisiert als EN 55016-1-4:2007 (nicht modifiziert). |
| [4] | IEC/CISPR 16-1-5:2003 | ANMERKUNG | Harmonisiert als EN 55016-1-5:2004 (nicht modifiziert). |
| [5] | IEC/CISPR 16-2 (alle Teile) | ANMERKUNG | Harmonisiert als EN 55016-2 (alle Teile) (nicht modifiziert). |
| [6] | IEC/CISPR 16-2-4:2003 | ANMERKUNG | Harmonisiert als EN 55016-2-4:2004 (nicht modifiziert). |
| [7] | IEC/CISPR 16-4 (alle Teile) | ANMERKUNG | Harmonisiert als EN 55016-4 (alle Teile) (nicht modifiziert). |
| [8] | IEC/CISPR 16-4-2:2003 | ANMERKUNG | Harmonisiert als EN 55016-4-2:2004 (nicht modifiziert). |

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
Einleitung	8
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	9
4 Messempfänger mit Quasispitzenwertdetektor für den Frequenzbereich 9 kHz bis 1 000 MHz	12
4.1 Allgemeines	12
4.2 Eingangsimpedanz	12
4.3 Messgenauigkeit bei Sinusspannungen	13
4.4 Anzeigeverhalten bei Impulsen	13
4.5 Selektivität	18
4.6 Begrenzung von Intermodulationseffekten	20
4.7 Begrenzung des Empfängerrauschens und von intern erzeugten unerwünschten Signalen	21
4.8 Schirmdämpfung	22
4.9 Möglichkeiten für den Anschluss eines Analysators für diskontinuierliche Störgrößen (Knackstöranalysator)	23
5 Messempfänger mit Spitzenwertdetektor für den Frequenzbereich 9 kHz bis 18 GHz	23
5.1 Allgemeines	23
5.2 Eingangsimpedanz	23
5.3 Grundlegende Eigenschaften	24
5.4 Messgenauigkeit bei Sinusspannungen	25
5.5 Anzeigeverhalten bei Impulsen	25
5.6 Selektionseigenschaften	25
5.7 Intermodulation, Empfängerrauschen und Schirmdämpfung	26
6 Messempfänger mit Mittelwertdetektor für den Frequenzbereich 9 kHz bis 18 GHz	27
6.1 Allgemeines	27
6.2 Eingangsimpedanz	27
6.3 Grundlegende Eigenschaften	27
6.4 Messgenauigkeit bei Sinusspannungen	28
6.5 Anzeigeverhalten bei Impulsen	28
6.6 Selektionseigenschaften	31
6.7 Intermodulationseffekte, Empfängerrauschen und Schirmdämpfung	32
7 Messempfänger mit Effektivwert-Mittelwert-Detektor für den Frequenzbereich 9 kHz bis 18 GHz	32
7.1 Allgemeines	32
7.2 Eingangsimpedanz	32
7.3 Grundlegende Eigenschaften	33
7.4 Messgenauigkeit bei Sinusspannungen	34

	Seite
7.5	Anzeigeverhalten bei Impulsen 34
7.6	Selektionseigenschaften..... 36
7.7	Intermodulationseffekte, Empfängerrauschen und Schirmdämpfung 36
8	Messem Empfänger mit Effektivwertdetektor für den Frequenzbereich 1 GHz bis 18 GHz mit Amplitudenwahrscheinlichkeitsverteilungs-Messfunktion (APD-Messfunktion)..... 36
9	Knackstöranalysatoren 37
9.1	Allgemeines 37
9.2	Grundlegende Eigenschaften 38
9.3	Prüfverfahren für die Funktionsprüfung des Knackstöranalysators 46
Anhang A (normativ)	Bestimmung der Pulsbewertung von Messem Empfängern mit Quasispitzenwert- und Effektivwert-Mittelwert-Detektor (3.6, 4.4.2, 7.3.2 und 7.5.1)..... 47
A.1	Allgemeines 47
A.2	Impulsantwort der Stufen vor dem Detektor..... 47
A.3	Impulsantwort des Quasispitzenwert-Detektors auf das Ausgangssignal der vorhergehenden Stufen 48
A.3.1	Allgemeines 48
A.3.2	Impulsantwort des Anzeigeeinstruments auf das Ausgangssignal des Detektors 49
A.4	Impulsantwort des Effektivwertdetektors auf das Ausgangssignal der vorhergehenden Stufen 50
A.4.1	Ausgangsspannung und Amplitudenbeziehung 50
A.4.2	Berechnung des Übersteuerungsfaktors 51
A.5	Beziehung zwischen den Anzeigen eines Messem Empfängers mit Effektivwert- und mit Quasispitzenwertdetektor 51
Anhang B (normativ)	Bestimmung des Spektrums eines Pulsgenerators (4.3, 5.5, 6.5 und 7.5)..... 53
B.1	Pulsgenerator 53
B.1.1	Allgemeines 53
B.1.2	Das Spektrum der erzeugten Impulse..... 53
B.2	Allgemeines Messverfahren 54
Anhang C (normativ)	Genaue Messungen der Ausgangsgröße von Nanosekunden-Pulsgeneratoren (4.4, 5.5, 6.5 und 7.5)..... 55
C.1	Messung der Impulsfläche (A_{imp}) 55
C.1.1	Allgemeines 55
C.1.2	Flächen-Verfahren 55
C.1.3	Verfahren mit leerlaufender Koaxialleitung 55
C.1.4	Messung der Oberschwingungen..... 56
C.1.5	Energie-Verfahren 56
C.2	Pulsgenerator-Spektrum..... 56
Anhang D (normativ)	Einfluss der Eigenschaften von Messem Empfängern mit Quasispitzenwertdetektor auf ihre Pulsbewertungskurve (4.4.2)..... 57
Anhang E (normativ)	Impulsverhalten von Mittelwert- und Spitzenwert-Messem Empfängern (6.3.1) 58
E.1	Impulsverhalten der Stufen vor dem Gleichrichter 58

	Seite
E.2 Übersteuerungsfaktor.....	58
E.3 Beziehung zwischen den Anzeigen eines Messempfängers mit Mittelwert und mit Quasispitzenwertdetektor.....	59
E.4 Messempfänger mit Spitzenwertdetektor.....	60
E.5 Beziehung zwischen den Anzeigen eines Messempfängers mit Spitzenwert- und mit Quasispitzenwertdetektor.....	60
E.6 Prüfung der Pulsbewertung von Messempfängern oberhalb 1 GHz	61
E.7 Messung der Impulsbandbreite eines Messempfängers	62
E.7.1 Allgemeines.....	62
E.7.2 Verfahren 1: Messung durch Vergleich der Anzeigen unter Zugrundelegung von B_{imp} bei zwei Impulsen mit gleicher Amplitude und Breite, aber niedrigen bzw. hohen Pulsfrequenzen (f_p).....	63
E.7.3 Verfahren 2: Messung durch Vergleich der Anzeige bei einem impulsförmigen Signal unter Zugrundelegung von B_{imp} mit der Anzeige bei dem gleichen Signal unter Zugrundelegung einer schmalen Bandbreite	65
E.7.4 Verfahren 3: Integration der normalisierten linearen Selektionsfunktion	65
Anhang F (normativ) Funktionsprüfung bezüglich der Ausnahmeregelungen von der Definition eines Knackes entsprechend 4.2.3 der IEC/CISPR 14-1	67
Anhang G (informativ) Begründung für die Festlegung der APD-Messfunktion	75
Anhang H (informativ) Eigenschaften von Messempfängern mit Quasispitzenwertdetektor	78
Anhang I (informativ) Beschreibung der Architektur von Funkstörmessempfängern und durchsuchenden Spektrumanalysatoren	79
Literaturhinweise	81
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	83
Bilder	
Bild 1a – Pulsbewertungskurve (Band A).....	14
Bild 1b – Pulsbewertungskurve (Band B).....	15
Bild 1c – Pulsbewertungskurve (Bänder C und D).....	15
Bild 1d – Theoretische Pulsbewertungskurven von Messempfängern mit Quasispitzenwert- und mit Mittelwertdetektor (siehe 6.5.4).....	16
Bild 1 – Pulsbewertungskurven	16
Bild 2a – Grenzen der Gesamt-Selektionskurve – Durchlassbereich (Band A) (siehe 4.4.1, 5.6, 6.6, 7.6)	19
Bild 2b – Grenzen der Gesamt-Selektionskurve – Durchlassbereich (Band B) (siehe 4.4.1, 5.6, 6.6, 7.6)	19
Bild 2c – Grenzen der Gesamt-Selektionskurve – Durchlassbereich (Bänder C und D) (siehe 4.4.1, 5.6, 6.6, 7.6)	20
Bild 2 – Grenzen der Gesamt-Selektionskurve	20
Bild 3 – Anordnung zur Prüfung von Intermodulationseffekten.....	21
Bild 4 – Grenzen der Gesamt-Selektionskurve – Durchlassbereich (Band E).....	26
Bild 5 – Blockschaltbild eines Mittelwertdetektors.....	30

Bild 6 – Bildschirmausdruck, der das Anzeigeverhalten des Netzwerks, welches das Anzeigeeinstrument nachbildet, bei einem intermittierenden schmalbandigen Signal zeigt	31
Bild 7 – Beispiel für einen Knackstöranalysator	39
Bild 8 – Graphische Darstellung der Prüfsignale, die zur Prüfung des Knackstöranalysators im Rahmen der Funktionsprüfung auf Einhaltung der Definition eines Knackes entsprechend Tabelle 14 verwendet werden	40
Bild E.1 – Korrekturfaktor zur Abschätzung des Verhältnisses B_{imp}/B_6 bei anderen Arten von abgestimmten Kreisen.....	59
Bild E.2 – Puls-Korrektur-Koeffizient P	61
Bild E.3 – Beispiel (Spektrum) eines pulsmodulierten Signals mit einer Impulsbreite von 200 ns	62
Bild E.4 – Pulsmoduliertes HF-Signal, das an einen Messempfänger angelegt wird	63
Bild E.5 – Filterung mit einer Bandbreite B_{imp} , die sehr viel kleiner als die Pulsfrequenz f_p ist.....	64
Bild E.6 – Filterung mit einer Bandbreite B_{imp} , die sehr viel größer als die Pulsfrequenz f_p ist.....	64
Bild E.7 – Berechnung der Impulsbandbreite	65
Bild E.8 – Beispiel einer normalisierten linearen Selektionsfunktion.....	66
Bild F.1 – Graphische Darstellung der Prüfsignale, die zur Prüfung des Knackstöranalysators im Rahmen der Funktionsprüfung mit den zusätzlichen Anforderungen entsprechend Tabelle F.1 verwendet werden	74
Bild G.1 – Blockschaltbild des APD-Messkreises ohne A/D-Wandler.....	76
Bild G.2 – Blockschaltbild des APD-Messkreises mit A/D-Wandler.....	76
Bild G.3 – Beispiel der Anzeige einer APD-Messung.....	77
Bild I.1 – Beispiel eines Blockschaltbilds eines Funkstörmessempfängers, der aus einem durchsuchenden Spektrumanalysator mit zusätzlicher Vorselektion, zusätzlichem Vorverstärker und Quasispitzenwert-/Mittelwertdetektor besteht.....	79
Tabellen	
Tabelle 1 – Eigenschaften von Prüfpulsen für Messempfänger mit Quasispitzenwertdetektor (siehe 4.4.1).....	13
Tabelle 2 – Pulsbewertung von Messempfängern mit Quasispitzenwertdetektor.....	17
Tabelle 3 – Gesamt-Selektivität von CISPR-Messempfänger und Hochpassfilter.....	18
Tabelle 4 – Bandbreiten-Kennwerte für die Intermodulations-Prüfung von Quasispitzenwert-Messempfängern (siehe 4.6).....	21
Tabelle 5 – Anforderungen an das Stehwellenverhältnis für Eingänge von Messempfängern.....	23
Tabelle 6 – Anforderungen zur Bandbreite für Messempfänger mit Spitzenwertdetektor.....	24
Tabelle 7 – Zusammenhang des Anzeigeverhaltens von Messempfängern mit Spitzenwert- und mit Quasispitzenwertdetektor bei gleicher Bandbreite (Frequenzbereich 9 kHz bis 1 000 MHz).....	25
Tabelle 8 – Anforderungen zur Bandbreite für Messempfänger mit Mittelwertdetektor	27
Tabelle 9 – Relatives Impulsverhalten eines Messempfängers mit Mittelwert- und mit Quasispitzenwertdetektor bei gleicher Bandbreite	28
Tabelle 10 – Maximaler Ablesewert bei Messempfängern mit Mittelwertdetektor für ein pulsmoduliertes sinusförmiges Eingangssignal im Vergleich zum Anzeigeverhalten bei einem unmodulierten Dauer-Sinussignal mit gleicher Amplitude	30
Tabelle 11 – Anforderungen an das Stehwellenverhältnis für die Eingangsimpedanz	32
Tabelle 12 – Anforderungen zur Bandbreite für Messempfänger mit Effektivwert-Mittelwert-Detektor	33

	Seite
Tabelle 13 – Niedrigste Pulsfrequenz, bei der keine Übersteuerung auftritt.....	33
Tabelle 14 – Vergleich der Pulsbewertung von Messempfängern mit Effektivwert-Mittelwert-Detektor und mit Quasispitzenwertdetektor	34
Tabelle 15 – Pulsbewertung von Messempfängern mit Effektivwert-Mittelwert-Detektor	35
Tabelle 16 – Maximaler Ablesewert bei Messempfängern mit Effektivwert-Mittelwert-Detektor für ein pulsmoduliertes sinusförmiges Eingangssignal im Vergleich zum Anzeigeverhalten bei einem unmodulierten Dauer-Sinussignal mit gleicher Amplitude.....	36
Tabelle 17 – Funktionsprüfung des Knackstöranalysators – Prüfsignale zur Prüfung auf Einhaltung der Definition eines Knackes	41
Tabelle B.1 – Eigenschaften des Pulsgenerators.....	53
Tabelle E.1 – Werte für B_{imp} und A_{imp} für einen Messempfänger mit Spitzenwertdetektor	60
Tabelle E.2 – Trägerpegel für ein pulsmoduliertes Signal von 1,4 nVs.....	61
Tabelle F.1 – Knackstöranalysator-Prüfsignale	68
Tabelle H.1 – Eigenschaften von Messempfängern mit Quasispitzenwertdetektor	78

Einleitung

Die unter dem allgemeinen Titel „Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit“ veröffentlichte Reihe IEC/CISPR 16 besteht aus folgenden Reihen von Normen und Berichten:

- IEC/CISPR 16-1: fünf Teile, die Anforderungen an Messgeräte und Hilfs-/Zusatzeinrichtungen abdecken;
- IEC/CISPR 16-2: fünf Teile, die Messverfahren abdecken;
- IEC/CISPR 16-3: ein Teil, der verschiedene Technische Berichte mit weiteren Informationen und Hintergrundmaterialien zu IEC/CISPR und Funkstörungen im Allgemeinen enthält;
- IEC/CISPR 16-4: fünf Teile, die Unsicherheiten, Statistiken und Modelle zur Ableitung von Grenzwerten (Störmodelle) abdecken.

Die Reihe IEC/CISPR 16-1 besteht aus folgenden Teilen unter dem allgemeinen Titel „Anforderungen an Geräte und Einrichtungen sowie Festlegung der Verfahren zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit – Geräte und Einrichtungen zur Messung der hochfrequenten Störaussendung (Funkstörungen) und Störfestigkeit“:

- IEC/CISPR 16-1-1: Messgeräte;
- **IEC/CISPR 16-1-2: Zusatz-/Hilfseinrichtungen – Leitungsgeführte Störaussendung;**
- **IEC/CISPR 16-1-3: Zusatz-/Hilfseinrichtungen – Störleistungsmessung;**
- **IEC/CISPR 16-1-4: Zusatz-/Hilfseinrichtungen – Gestrahlte Störaussendung;**
- **IEC/CISPR 16-1-5: Messplätze für die Antennenkalibrierung von 30 MHz bis 1 000 MHz.**

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC/CISPR 16 legt die Eigenschaften und Leistungsmerkmale von Geräten und Einrichtungen zur Messung von Funkstörungen im Frequenzbereich 9 kHz bis 18 GHz fest. Zusätzlich sind Anforderungen an spezielle Geräte zur Messung von diskontinuierlichen Störgrößen festgelegt.

ANMERKUNG Entsprechend IEC-Leitfaden 107 stellt diese Norm eine EMV-Grundnorm zur Anwendung durch Produktgremien der IEC dar. Wie ferner im IEC-Leitfaden 107 ausgeführt wird, sind die Produktgremien der IEC für die Festlegung der Anwendbarkeit der EMV-Norm verantwortlich. IEC/CISPR und seine Unterkomitees stehen den Produktgremien für die Ermittlung der Werte für besondere EMV-Prüfungen für spezifische Produkte zur Verfügung.

Die Festlegungen dieser Norm gelten für Funkstörmessempfänger und Spektrumanalysatoren. Der in dieser Norm benutzte Begriff „Messempfänger“ bezieht sich sowohl auf Funkstörmessempfänger als auch auf Spektrumanalysatoren.

Weitere Leitfäden für die Verwendung von Spektrumanalysatoren und Suchlaufempfängern sind im jeweiligen Anhang B der folgenden Normen zu finden: **IEC/CISPR 16-2-1, IEC/CISPR 16-2-2** und **IEC/CISPR 16-2-3.**

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/CISPR 11:2009, *Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment – Electromagnetic disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

IEC/CISPR 14-1:2005, *Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 1: Emission*

IEC/CISPR 16-2-1:2008, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity – Conducted disturbance measurements*

IEC/CISPR 16-2-2:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-2: Methods of measurement of disturbances and immunity – Measurement of disturbance power*
Änderung 1:2004
Änderung 2:2005

IEC/CISPR 16-2-3:2006, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity – Radiated disturbance measurements*

IEC/CISPR/TR 16-3:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 3: CISPR technical reports*
Änderung 1:2005
Änderung 2:2006

IEC 60050-161:1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility*
Änderung 1:1997
Änderung 2:1998

3 Begriffe

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

3.1

Bandbreite

B_n

Breite der Gesamt-Selektionskurve des Empfängers zwischen zwei Punkten mit einer auf die Anzeige in der Bandmitte bezogenen Dämpfung

ANMERKUNG n ist die angegebene Dämpfung in dB.

3.2

CISPR-Anzeigebereich

vom Hersteller angegebener Bereich zwischen minimaler und maximaler Anzeige, in dem der Messempfänger den Anforderungen dieses Teils der IEC/CISPR 16 entspricht

3.3

elektrische Ladezeitkonstante

T_C

Zeit, die nach dem Abschalten einer konstanten Sinusspannung an der unmittelbar vor dem Eingang des Detektors befindlichen Stufe vergeht, bis die Ausgangsspannung des Detektors 63 % ihres endgültigen Wertes erreicht

ANMERKUNG Diese Zeitkonstante wird folgendermaßen bestimmt: Ein Sinussignal konstanter Amplitude mit einer Frequenz entsprechend der Bandmitten-Frequenz des Zwischenfrequenzverstärkers wird an den Eingang der unmittelbar vor dem Detektor liegenden Stufe gelegt. Die Anzeige A eines trägheitslosen Instruments (z. B. eines Kathodenstrahl-Oszilloskops), das so an einem Punkt im Stromkreis des Gleichstromverstärkers angeschlossen ist, dass es das Verhalten des Detektors nicht beeinflusst, wird abgelesen. Der Pegel des angelegten Signals wird so gewählt, dass das Ausgangssignal der beteiligten Stufen in ihrem linearen Arbeitsbereich bleibt. Nun wird ein Sinussignal dieses Pegels, das nur für eine begrenzte Zeit angelegt wird und eine rechteckige Einhüllende besitzt, so getastet, dass der angezeigte Ausschlag $0,63 A$ entspricht. Die Tasterdauer dieses Signals ist gleich der Ladezeitkonstanten des Detektors.

3.4 elektrische Entladezeitkonstante

T_D

Zeit, die nach dem Abschalten einer konstanten Sinusspannung an der unmittelbar vor dem Eingang des Detektors liegenden Stufe vergeht, bis die Ausgangsspannung des Detektors auf 37 % ihres ursprünglichen Wertes gefallen ist

ANMERKUNG Das Messverfahren ist analog dem zur Messung der Ladezeitkonstante, aber statt ein Signal für eine begrenzte Zeit anzulegen, wird das Signal für eine bestimmte Zeit unterbrochen. Die Zeit, die für den Abfall auf 0,37 D benötigt wird, ist die Entladezeitkonstante des Detektors.

3.5 Impulsfläche

F_{imp}

Spannungs-Zeit-Fläche eines Impulses, die durch das folgende Integral definiert wird:

$$F_{\text{imp}} = \int_{-\infty}^{+\infty} U(t) dt \quad (1)$$

ANMERKUNG 1 Die Impulsfläche, manchmal auch als Impulsstärke bezeichnet, wird typischerweise in μVs oder $\text{dB}(\mu\text{Vs})$ ausgedrückt.

ANMERKUNG 2 Die spektrale Dichte (D) ist mit der Impulsfläche verwandt und wird in $\mu\text{V}/\text{MHz}$ oder $\text{dB}(\mu\text{V}/\text{MHz})$ ausgedrückt. Für Rechteckimpulse der Impulsdauer T gilt bei Frequenzen $f \ll \frac{1}{T}$ die Beziehung:

$$D (\mu\text{V}/\text{MHz}) = \sqrt{2} \times 10^6 F_{\text{imp}} (\mu\text{Vs}).$$

3.6 Impuls-Bandbreite

B_{imp}

$$B_{\text{imp}} = \frac{A(t)_{\text{max}}}{2 G_0 \times F_{\text{imp}}} \quad (2)$$

Dabei ist

$A(t)_{\text{max}}$ der Scheitelwert der Hüllkurve am ZF-Ausgang des Empfängers bei Anlegen eines Impulses der Fläche F_{imp} am HF-Eingang;

G_0 die Verstärkung des Kreises bei der Mittenfrequenz.

Insbesondere gilt für zwei kritisch gekoppelte abgestimmte Übertrager:

$$B_{\text{imp}} = 1,05 \times B_6 = 1,31 \times B_3 \quad (3)$$

Dabei ist

B_6 bzw. B_3 die Bandbreite bei -6 dB bzw. -3 dB.

ANMERKUNG Siehe A.2 für weitere Informationen.

3.7 Messempfänger

Gerät, wie z. B. ein abstimmbares Spannungsmessgerät, ein Funkstörmessempfänger oder ein Spektralanalysator mit oder ohne Vorselektion, das die Anforderungen der entsprechenden Teile (Abschnitte) dieser Norm erfüllt

ANMERKUNG 1 Der in dieser Norm benutzte Begriff „Messempfänger“ bezieht sich sowohl auf Funkstörmessempfänger als auch auf Spektralanalysatoren.

ANMERKUNG 2 Siehe [Anhang I](#) für weitere Informationen.

3.8

mechanische Zeitkonstante des kritisch gedämpften Anzeigeinstruments

T_M

$$T_M = \frac{T_L}{2\pi} \quad (4)$$

Dabei ist

T_L die Periodendauer der freien Schwingung des Instruments ohne jede Dämpfung.

ANMERKUNG 1 Bei einem kritisch gedämpften Instrument kann die Bewegungsgleichung des Systems wie folgt beschrieben werden:

$$T_M^2 \left(\frac{d^2\alpha}{dt^2} \right) + 2T_M \frac{d\alpha}{dt} + \alpha = ki \quad (5)$$

Dabei ist

α der Ausschlag;

i der Strom durch das Instrument;

k eine Konstante.

Aus dieser Gleichung kann abgeleitet werden, dass diese Zeitkonstante auch gleich der Dauer eines Rechteckimpulses (konstanter Amplitude) ist, der einen Ausschlag von 35 % des ständigen Ausschlags hervorruft, der sich bei einem Dauerstrom von gleicher Amplitude wie der des Rechteckimpulses ergibt.

ANMERKUNG 2 Die Mess- und Einstellverfahren werden von einer der folgenden Bedingungen abgeleitet:

- Nachdem die Periodendauer der freien Schwingung auf $2\pi T_M$ eingestellt worden ist, wird Dämpfung hinzugefügt, so dass $\alpha T = 0,35 \alpha_{\max}$ ist.
- Wenn die Periodendauer der Schwingung nicht gemessen werden kann, wird die Dämpfung knapp unter ihren kritischen Wert eingestellt, so dass das Überschwingen nicht mehr als 5 % beträgt und das Trägheitsmoment so bemessen ist, dass $\alpha T = 0,35 \alpha_{\max}$ ist.

3.9

Übersteuerungsfaktor

Differenz zwischen dem Pegel der Obergrenze des linearen Arbeitsbereichs eines elektrischen Schaltkreises (oder einer Gruppe von Schaltkreisen) und dem Pegel, der dem Vollausschlag des Anzeigeinstruments entspricht

ANMERKUNG Der maximale Pegel, bei dem die eingeschwungene Anzeige eines elektrischen Schaltkreises (oder einer Gruppe von Schaltkreisen) um nicht mehr als 1 dB von der idealen Linearität abweicht, definiert die Obergrenze des linearen Arbeitsbereichs eines Schaltkreises (oder einer Gruppe von Schaltkreisen).

3.10

symmetrische Spannung

hochfrequente Störspannung, die zwischen den beiden Leitern in einem Zweileiter-Stromkreis, wie z. B. einer einphasigen Stromversorgungsleitung, auftritt. Sie wird manchmal als Gegentaktspannung (en: differential mode voltage) bezeichnet. Wenn U_a der Vektor der Spannung zwischen einer der Netzanschlussklemmen und Erde und U_b der Vektor der Spannung zwischen der anderen Netzanschlussklemme und Erde ist, stellt die Vektordifferenz ($U_a - U_b$) die asymmetrische Spannung dar

3.11

Bewertung (z. B. einer impulsförmigen Störaussendung)

von der Pulsfrequenz abhängige Umwandlung (meistens Verringerung) des erfassten Spitzenwerts eines Impuls-Spannungspegels in eine Anzeige, die der Störwirkung auf den Funkempfang entspricht

ANMERKUNG 1 Bei analogen Empfängern bildet die psychophysikalische Belästigungswirkung der Störung eine subjektive Größe (hörbar oder sichtbar, üblicherweise nicht eine bestimmte Anzahl von Fehlinterpretationen eines gesprochenen Textes).

ANMERKUNG 2 Bei digitalen Empfängern stellt eine objektive Größe die Störwirkung dar. Diese Größe wird durch die kritische Bitfehlerrate (BER) oder Bitfehlerwahrscheinlichkeit (BEP), bei der eine perfekte Fehlerkorrektur gerade noch erfolgen kann, oder durch einen anderen objektiven und reproduzierbaren Parameter definiert.

3.11.1

bewertende Messung der Störaussendung

Messung der Störaussendung unter Verwendung eines Bewertungsdetektors

3.11.2

Bewertungseigenschaft

Spitzenwert-Spannungspegel in Abhängigkeit von der Pulsfrequenz bei gleichbleibender Wirkung auf ein spezifisches Funkkommunikationssystem, d. h., die Störaussendung wird durch das Funkkommunikationssystem selbst bewertet

3.11.3

Bewertungsdetektor

Detektor, der eine vereinbarte Bewertungsfunktion bereitstellt

3.11.4

Bewertungsfaktor

Wert der auf die Referenz-Pulsfrequenz oder den Spitzenwert bezogenen Bewertungsfunktion

ANMERKUNG Der Bewertungsfaktor wird in dB ausgedrückt.

3.11.5

Bewertungsfunktion

Bewertungskurve

Zusammenhang zwischen dem Spitzenwert des Eingangsspannungspegels und der Pulsfrequenz bei konstanter Anzeige eines Messempfängers, d. h. das Verhalten eines Messempfängers gegenüber Pulssignalen

4 Messempfänger mit Quasispitzenwertdetektor für den Frequenzbereich 9 kHz bis 1 000 MHz

4.1 Allgemeines

Die Anforderungen an die Empfänger hängen von der Betriebs- bzw. Empfängerfrequenz ab. Es gibt daher eine Anforderung an die Empfänger, die den Frequenzbereich 9 kHz bis 150 kHz (Band A) abdeckt, eine, die den Frequenzbereich 150 kHz bis 30 MHz (Band B) abdeckt, eine, die den Frequenzbereich 30 MHz bis 300 MHz (Band C) abdeckt, und eine, die den Frequenzbereich 300 MHz bis 1 000 MHz (Band D) abdeckt. Grundlegende Eigenschaften eines Messgeräts mit Quasispitzenwertdetektor sind in [Anhang H](#) beschrieben.

4.2 Eingangsimpedanz

Die Eingangsschaltung des Messempfängers muss unsymmetrisch sein. Bei Einstellungen innerhalb des CISPR-Anzeigebereichs muss die Nenn-Eingangsimpedanz 50Ω betragen, wobei das Stehwellenverhältnis (*VSWR*) nicht größer als 2,0 sein darf, wenn die HF-Eingangsdämpfung 0 ist, und nicht größer als 1,2, wenn die HF-Eingangsdämpfung 10 dB oder größer ist.

Symmetrische Eingangsimpedanz im Frequenzbereich 9 kHz bis 30 MHz: Zur Durchführung von symmetrischen Messungen wird ein symmetrischer Eingangstransformator benutzt. Im Frequenzbereich 9 kHz bis 150 kHz sollte die Eingangsimpedanz vorzugsweise 600Ω betragen. Diese symmetrische Eingangsimpedanz kann in der entsprechenden symmetrischen Netznachbildung, die zur Einkopplung in den Empfänger notwendig ist, oder im Empfänger selbst eingebaut sein.

4.3 Messgenauigkeit bei Sinusspannungen

Die Genauigkeit der Messung von Sinusspannungen muss besser als ± 2 dB sein, wenn das Messgerät ein Sinussignal aus einem Sinusgenerator mit 50 Ω Innenwiderstand misst.

4.4 Anzeigeverhalten bei Impulsen

4.4.1 Amplitudenbeziehung (absolute Kalibrierung)

Bezogen auf Tabelle 1 muss bei allen einstellbaren Frequenzen die Anzeige des Messempfängers bei Impulsen aus einer Spannungsquelle mit 50 Ω Innenwiderstand, die eine Impulsfläche von a) μ Vs EMK, ein gleichförmiges Spektrum bis mindestens b) MHz und eine Pulsfrequenz von c) Hz aufweisen, gleich der Anzeige für ein auf die Empfangsfrequenz abgestimmtes unmoduliertes Sinussignal mit einem Effektivwert von 2 mV (entspricht 66 dB(μ V)) EMK sein.

Der Innenwiderstand des Pulsgenerators und der des Sinusgenerators müssen gleich sein. Eine Grenzabweichung von $\pm 1,5$ dB der Sinusspannung, bezogen auf die Pulsspannung, ist erlaubt.

Tabelle 1 – Eigenschaften von Prüfpulsen für Messempfänger mit Quasispitzenwertdetektor (siehe 4.4.1)

Frequenzbereich	a) μ Vs	b) MHz	c) Hz
9 kHz bis 150 kHz	13,5	0,15	25
0,15 MHz bis 30 MHz	0,316	30	100
30 MHz bis 300 MHz	0,044	300	100
300 MHz bis 1 000 MHz	0,044	1 000	100

ANMERKUNG Die [Anhänge B](#) und [C](#) beschreiben Verfahren zur Bestimmung der Eigenschaften der Ausgangsspannung eines Pulsgenerators zur Prüfung der Anforderungen dieses Abschnitts.

4.4.2 Änderung der Anzeige mit der Pulsfrequenz (relative Kalibrierung)

Die Anzeige des Messempfängers bei Pulssignalen muss so sein, dass bei konstanter Anzeige des Messempfängers der Zusammenhang zwischen Amplitude und Pulsfrequenz mit [Bild 1](#) übereinstimmt. Die Pulsbewertungskurven eines Spektrumanalysators ohne Vorselektion bei Impulsfolgen mit Pulsfrequenzen, die gleich oder größer als 20 Hz sind, müssen mit [Bild 1](#) übereinstimmen.

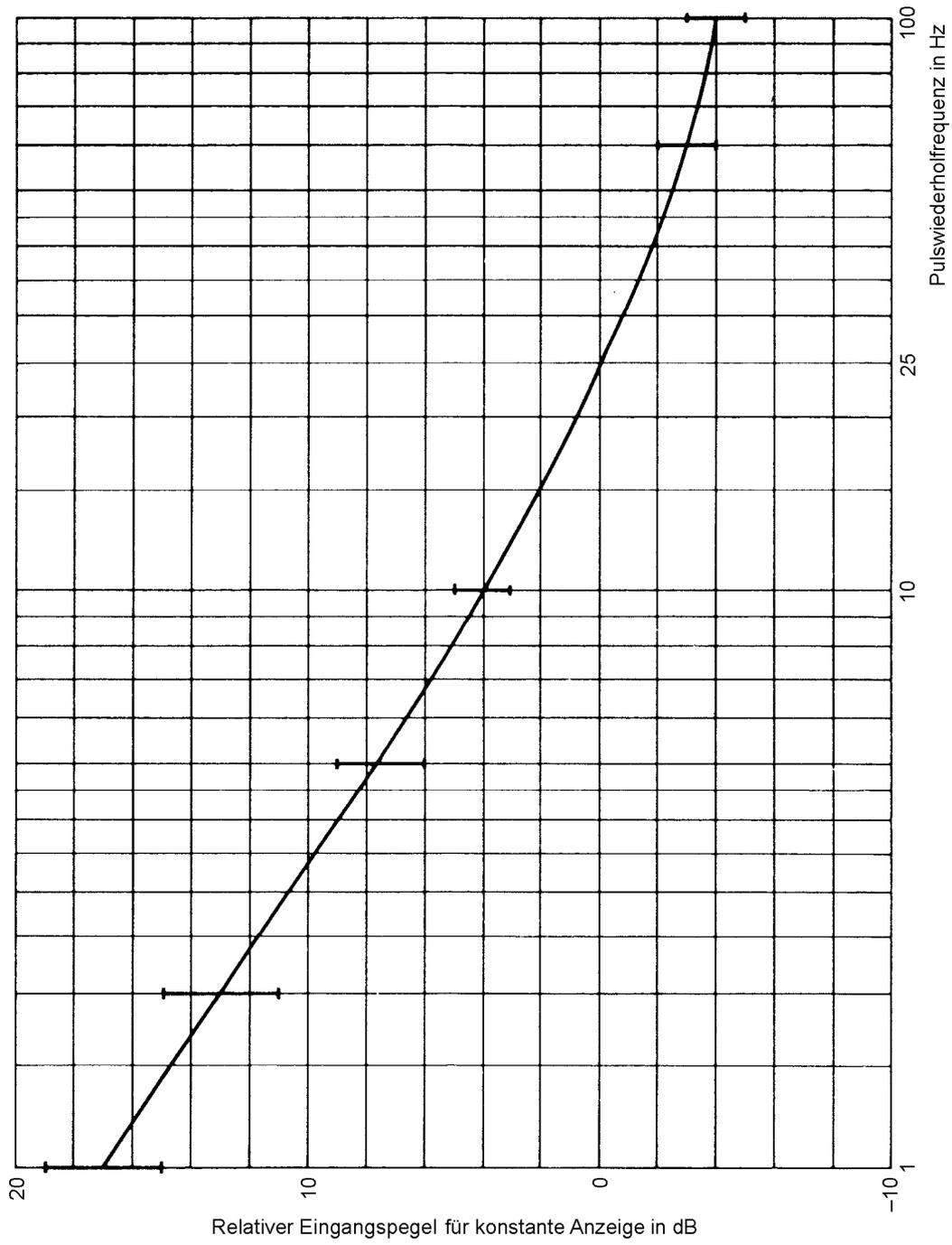


Bild 1a – Pulsbewertungskurve (Band A)

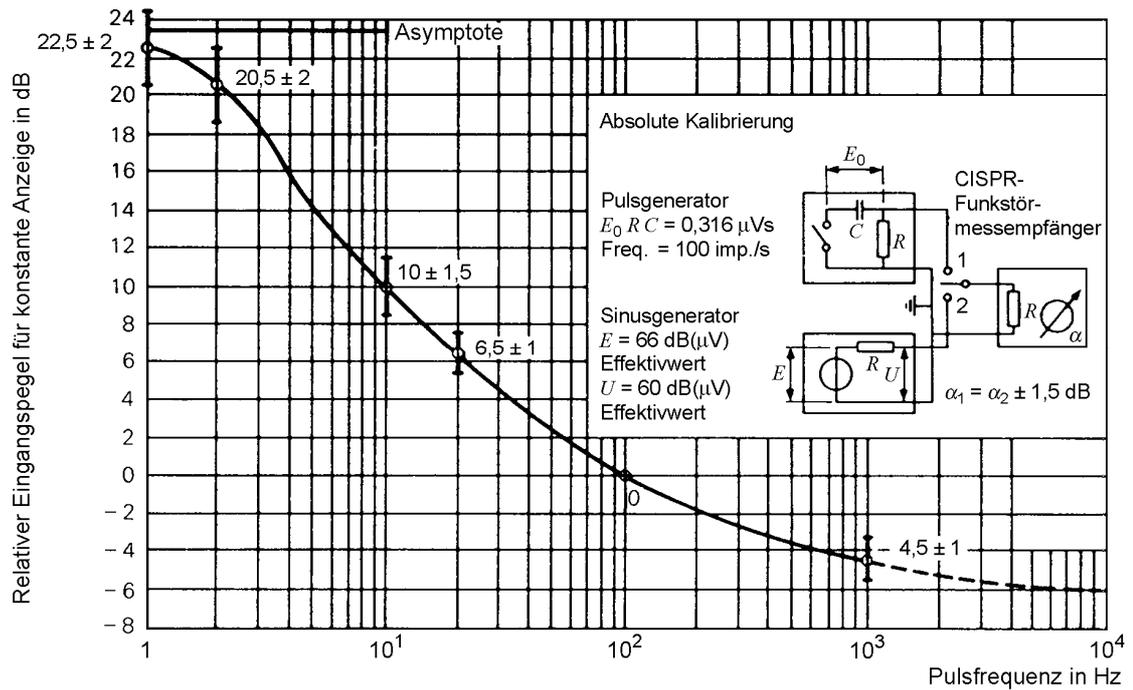


Bild 1b – Pulsbewertungskurve (Band B)

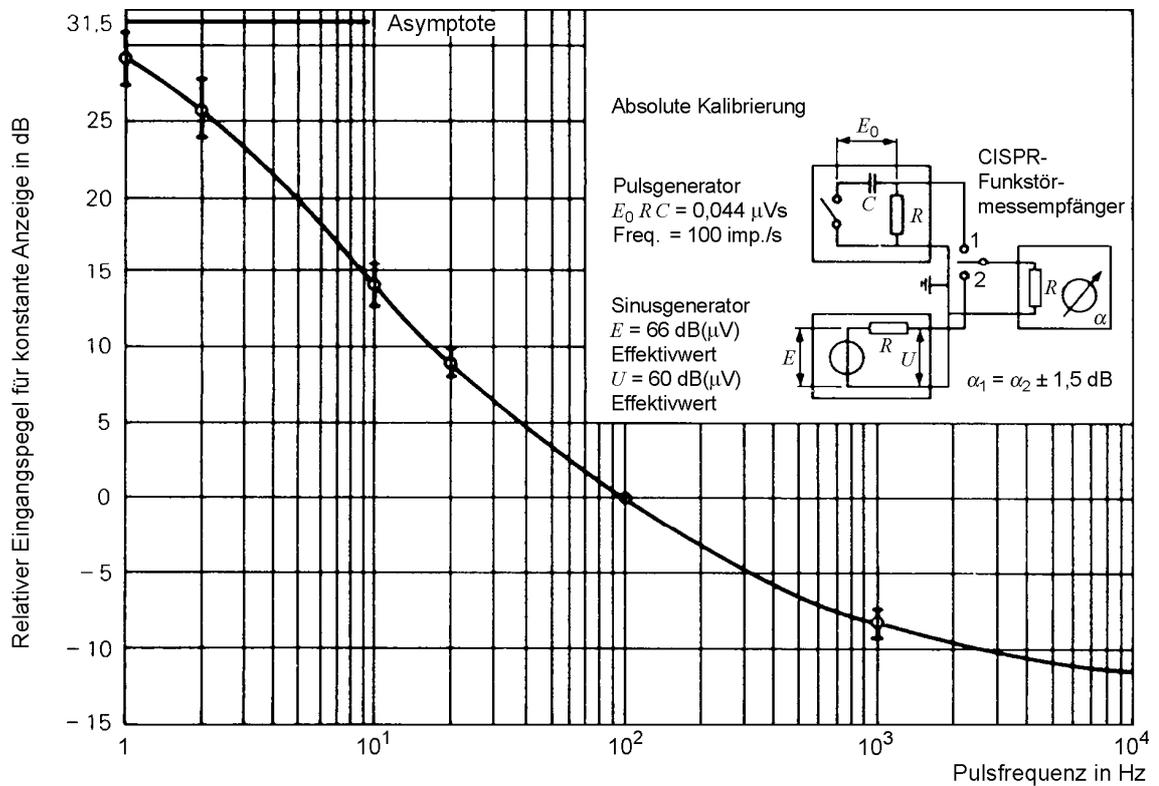
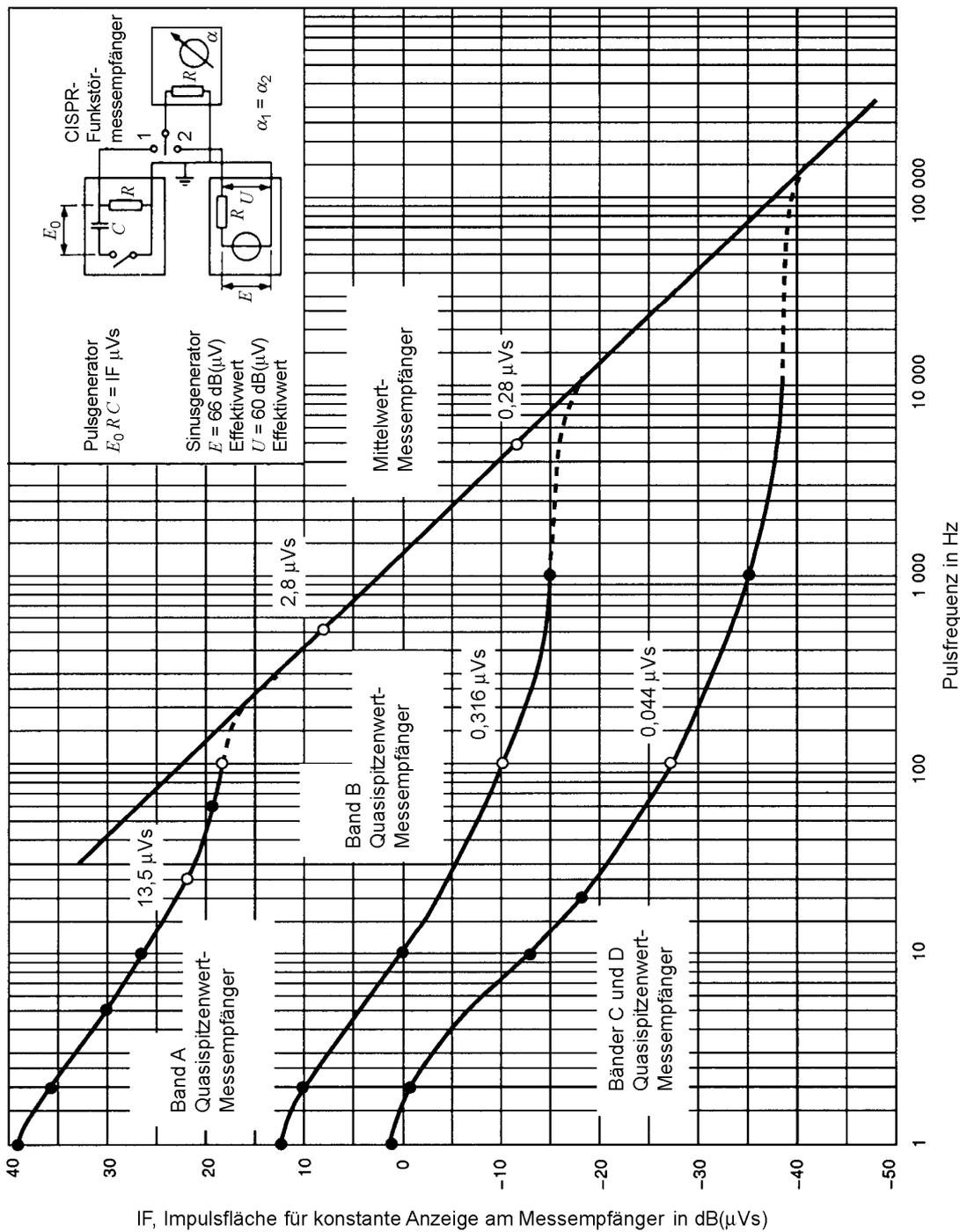


Bild 1c – Pulsbewertungskurve (Bänder C und D)



ANMERKUNG IF ist die in früheren Ausgaben für A_{imp} benutzte Abkürzung.

Bild 1d – Theoretische Pulsbewertungskurven von Messempfängern mit Quasispitzenwert- und mit Mittelwertdetektor (siehe 6.5.4)

Bild 1 – Pulsbewertungskurven

Die Bewertungskurve für einen Messempfänger muss innerhalb der Grenzen liegen, die graphisch in den zutreffenden Bildern und als Zahlenwerte in der Tabelle 2 festgelegt sind. Die Anforderungen nach Tabelle 2 für Pulsfrequenzen, die kleiner als 20 Hz sind, gelten nicht für Spektrumanalysatoren ohne Vorselektion. Die Verwendung solcher Messgeräte für Konformitätsmessungen ist bedingungsabhängig. Wenn Spektrumanalysatoren ohne Vorselektion für Messungen verwendet werden, muss der Anwender nachweisen und dokumentieren, dass der Prüfling keine breitbandigen Signale mit Pulsfrequenzen, die gleich oder kleiner als 20 Hz sind, aussendet. Es muss ermittelt werden, ob ein Spektrumanalysator für die Messung geeignet ist, wofür das im jeweiligen Anhang B der IEC/CISPR 16-2-1, der IEC/CISPR 16-2-2 bzw. der IEC/CISPR 16-2-3 dokumentierte Verfahren durchgeführt werden muss.

Die Pulsbewertung ist wegen der Übersteuerung am Eingang des Messempfängers bei Frequenzen oberhalb 300 MHz eingeschränkt. Die mit * gekennzeichneten Werte in der Tabelle 2 sind freigestellt und nicht zwingend erforderlich.

Tabelle 2 – Pulsbewertung von Messempfängern mit Quasispitzenwertdetektor

Pulsfrequenz Hz	Relativer äquivalenter Pulspegel in dB für das angegebene Band			
	Band A 9 kHz bis 150 kHz	Band B 0,15 MHz bis 30 MHz	Band C 30 MHz bis 300 MHz	Band D 300 MHz bis 1 000 MHz
1 000	Anmerkung 4	-4,5 ± 1,0	-8,0 ± 1,0	-8,0 ± 1,0
100	-4,0 ± 1,0	0 (Bezug)	0 (Bezug)	0 (Bezug)
60	-0,3 ± 1,0	-	-	-
25	0 (Bezug)	-	-	-
20	-	+6,5 ± 1,0	+9,0 ± 1,0	+9,0 ± 1,0
10	+4,0 ± 1,0	+10,0 ± 1,5	+14,0 ± 1,5	+14,0 ± 1,5
5	+7,5 ± 1,5	-	-	-
2	+13,0 ± 2,0	+20,5 ± 2,0	+26,0 ± 2,0	+26,0 ± 2,0 *)
1	+17,0 ± 2,0	+22,5 ± 2,0	+28,5 ± 2,0	+28,5 ± 2,0 *)
Einzelimpuls	+19,0 ± 2,0	+23,5 ± 2,0	+31,5 ± 2,0	+31,5 ± 2,0 *)

*) Diese Werte sind freigestellt und nicht zwingend erforderlich.

ANMERKUNG 1 Der Einfluss der Eigenschaften des Messempfängers auf sein Anzeigeverhalten bei Impulsen wird in Anhang D betrachtet.

ANMERKUNG 2 Die Beziehungen zwischen den Pulsbewertungen eines Messempfängers mit Quasispitzenwertdetektor und den Pulsbewertungen von Messempfängern mit anderen Detektoren sind in 5.5, 6.5 und 7.5 angegeben.

ANMERKUNG 3 Die theoretischen Kurven des Pulsbewertungsverhaltens von Messempfängern mit Quasispitzenwert- und mit Mittelwertdetektor (Pulsbewertungskurven) sind in Bild 1d gemeinsam in einem Maßstab mit absolutem Pegel dargestellt. Die Ordinate von Bild 1d zeigt die Leerlauf-Impulsflächen in dB(µVs), die dem Effektivwert der Leerlauf-Sinusspannung von 66 dB(µV) entsprechen. Die Anzeige eines Messempfängers, dessen Eingang an den Kalibriergenerator angepasst ist, beträgt dann 60 dB(µV). Wenn die Messbandbreite kleiner als die Pulsfrequenz ist, gelten die Kurven von Bild 1d, wenn der Empfänger auf eine diskrete Spektrallinie eingestellt ist.

ANMERKUNG 4 Es ist nicht möglich, für den Frequenzbereich 9 kHz bis 150 kHz oberhalb einer Pulsfrequenz von 100 Hz einen Wert anzugeben, da sich die Impulse im Zwischenfrequenzverstärker überlappen.

ANMERKUNG 5 Anhang A behandelt die Bestimmung der Pulsbewertungskurven bei Impulsfolgen.

4.5 Selektivität

4.5.1 Gesamt-Selektionskurve (Durchlassbereich)

Die Kurve, die die Gesamt-Selektionskurve des Messempfängers wiedergibt, muss innerhalb der in Bild 2a, Bild 2b oder Bild 2c gezeigten Grenzen liegen.

Die Selektionskurve muss durch die frequenzabhängige Änderung der Amplitude einer Sinus-Eingangsspannung, die eine konstante Anzeige des Messempfängers erzeugt, dargestellt werden.

ANMERKUNG 1 Zur Messung von Geräten, die eine bessere Selektivität im Übergangsbereich von 130 kHz bis 150 kHz erfordert (z. B. bei Signalübertragung auf elektrischen Niederspannungsnetzen, wie in EN 50065-1 definiert), kann ein Hochpassfilter am Eingang des Messempfängers eingefügt werden, um die in Tabelle 3 angegebene Gesamt-Selektivität von CISPR-Messempfänger und Hochpassfilter zu erreichen.

Tabelle 3 – Gesamt-Selektivität von CISPR-Messempfänger und Hochpassfilter

Frequenz kHz	Relative Dämpfung dB
150	≤ 1
146	≤ 6
145	≥ 6
140	≥ 34
130	≥ 81

ANMERKUNG 2 Die Kombination aus Messempfänger und Hochpassfilter sollte die Anforderungen dieser Norm erfüllen.

4.5.2 Zwischenfrequenz-Störfestigkeit

Das Verhältnis der am HF-Eingang mit der Zwischenfrequenz eingespeisten Sinusspannung zu der auf die eingestellte Empfangsfrequenz abgestimmten eingespeisten Sinusspannung, die die gleiche Anzeige des Messempfängers hervorruft, darf nicht kleiner als 40 dB sein. Wenn mehr als eine Zwischenfrequenz benutzt wird, muss diese Festlegung bei jeder Zwischenfrequenz eingehalten sein.

4.5.3 Spiegelfrequenz-Störfestigkeit

Das Verhältnis der am HF-Eingang mit der Spiegelfrequenz eingespeisten Sinusspannung zu der auf die eingestellte Empfangsfrequenz abgestimmten eingespeisten Sinusspannung, die die gleiche Anzeige des Messempfängers hervorruft, darf nicht kleiner als 40 dB sein. Wenn mehr als eine Spiegelfrequenz benutzt wird, muss diese Festlegung bei jeder Spiegelfrequenz eingehalten sein.

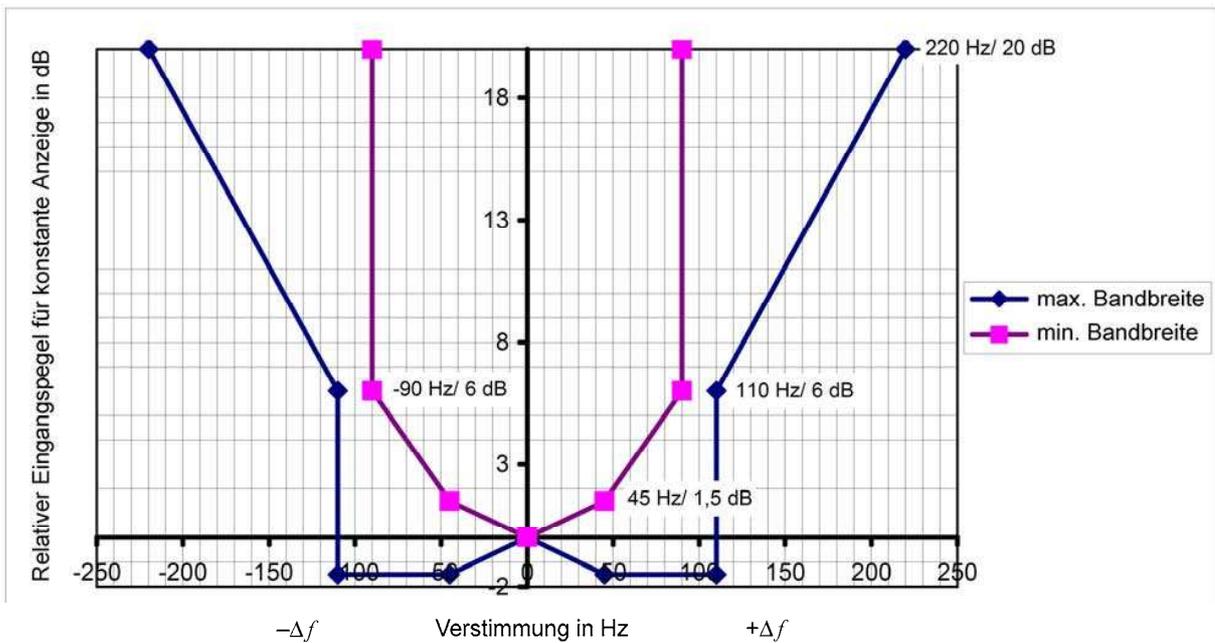


Bild 2a – Grenzen der Gesamt-Selektionskurve – Durchlassbereich (Band A)
 (siehe 4.4.1, 5.6, 6.6, 7.6)

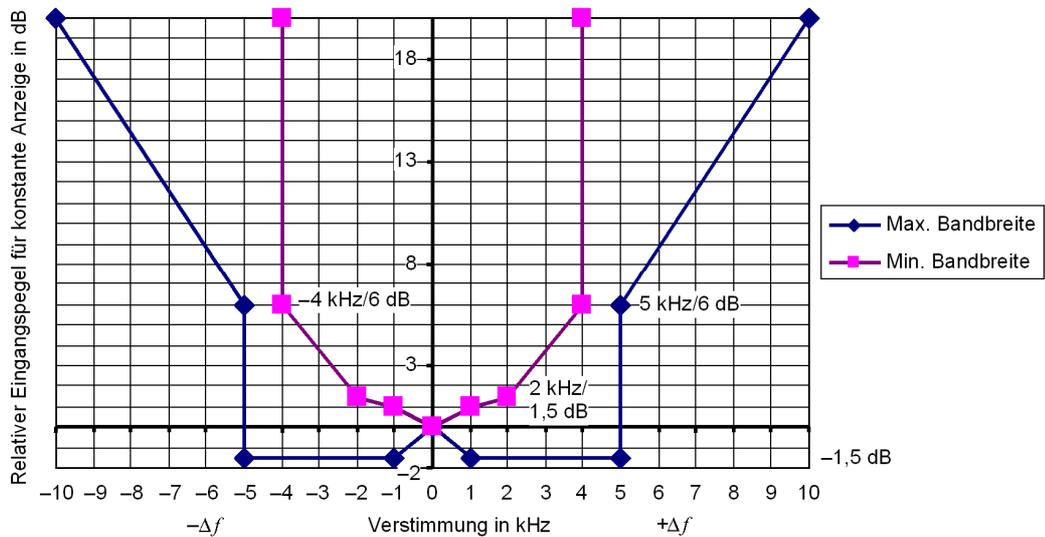


Bild 2b – Grenzen der Gesamt-Selektionskurve – Durchlassbereich (Band B)
 (siehe 4.4.1, 5.6, 6.6, 7.6)

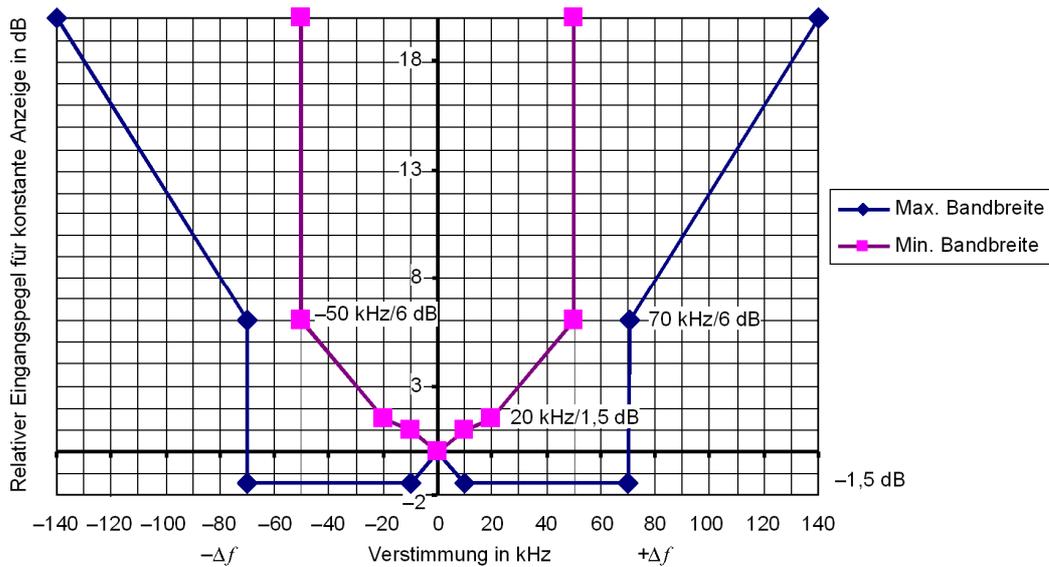


Bild 2c – Grenzen der Gesamt-Selektionskurve – Durchlassbereich (Bänder C und D)
(siehe 4.4.1, 5.6, 6.6, 7.6)

Bild 2 – Grenzen der Gesamt-Selektionskurve

4.5.4 Nebenempfangs-Störfestigkeit

Das Verhältnis der mit anderen als den in 4.5.2 und 4.5.3 genannten Frequenzen am HF-Eingang eingespeisten Sinusspannungen zu der auf die eingestellte Empfangsfrequenz abgestimmten eingespeisten Sinusspannung, die die gleiche Anzeige des Messempfängers hervorruft, darf nicht kleiner als 40 dB sein. Beispiele für Frequenzen, durch die solche Nebenempfangs-Reaktionen hervorgerufen werden, sind:

$$\left(\frac{1}{m}\right)(n f_L \pm f_i) \text{ und } \left(\frac{1}{k}\right)(f_o) \quad (6)$$

Dabei ist

m, n, k ganze Zahlen;

f_L die Frequenz des Lokaloszillators;

f_i die Zwischenfrequenz;

f_c die abgestimmte Frequenz.

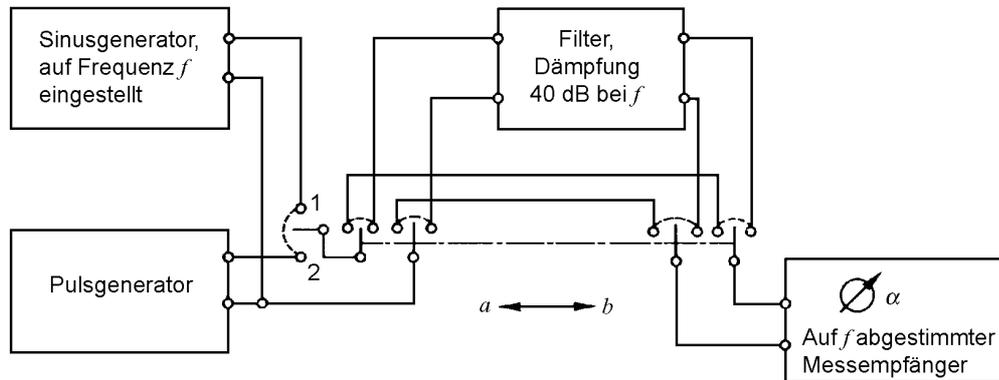
ANMERKUNG Wenn mehr als eine Zwischenfrequenz benutzt wird, können sich die Frequenzen f_L und f_i auf jede der benutzten Oszillator- und Zwischenfrequenzen beziehen. Zusätzlich können Nebenempfangsstellen auftreten, wenn am Eingang des Messempfängers kein Signal ansteht, z. B. wenn der Abstand der Harmonischen der Oszillatorfrequenz einer der Zwischenfrequenzen entspricht. Die Anforderungen dieses Abschnitts können daher auf diese Fälle nicht angewendet werden. Der Einfluss dieser unerwünschten Anzeigen wird in 4.7 behandelt.

4.6 Begrenzung von Intermodulationseffekten

Der Einfluss von Intermodulationseffekten auf die Anzeige des Messempfängers muss minimiert werden. Das folgende Verfahren muss angewendet werden, um die Eignung des Messgeräts zu bestimmen.

Die Geräte werden nach Bild 3 angeordnet. Der Pulsgenerator hat ein im Wesentlichen ebenes Amplitudenspektrum bis zu der Frequenz 3), aber einen Abfall von mindestens 10 dB bei der Frequenz 4) für die in der Tabelle 4 angegebenen Frequenzen. Das Sperrfilter hat bei der zu prüfenden Frequenz eine Dämpfung von

mindestens 40 dB. Seine 6-dB-Bandbreite B_6 muss, bezogen auf die maximale Dämpfung, zwischen den in Tabelle 4 genannten Frequenzen 1) und 2) liegen.



Die Anzeigen des Messempfängers sind entsprechend der Erörterung in 4.6:

$$\alpha_{1a} = \alpha_{2a}$$

$$\alpha_{1b} = \alpha_{1a} - 40 \text{ dB}$$

$$\alpha_{2b} = \alpha_{2a} - 36 \text{ dB}$$

Bild 3 – Anordnung zur Prüfung von Intermodulationseffekten

Tabelle 4 – Bandbreiten-Kennwerte für die Intermodulations-Prüfung von Quasispitzenwert-Messempfängern (siehe 4.6)

Frequenzbereich	1) kHz	2) kHz	3) MHz	4) MHz
9 kHz bis 150 kHz (Band A)	0,4	4	0,15	0,3
0,15 MHz bis 30 MHz (Band B)	20	200	30	60
30 MHz bis 300 MHz (Band C)	500	> 2 000	300	600
300 MHz bis 1 000 MHz (Band D)	500	6 000	1 000	2 000

Der Ausgang des Sinusgenerators wird direkt mit dem HF-Eingang des Messempfängers verbunden und auf eine gut abzulesende Anzeige eingestellt. Dann wird der Sinusgenerator durch den Pulsgenerator ersetzt und die gleiche Anzeige wird eingestellt. Die Pulsfrequenz muss im Band A 100 Hz und in den anderen Bändern 1 000 Hz betragen.

Bei der vorstehend beschriebenen Verbindung des Pulsgenerators mit dem Messempfänger und eingeschaltetem Filter muss sich eine Dämpfung von mindestens 36 dB für Messempfänger von mindestens 20 dB für Spektrumanalysatoren ergeben.

4.7 Begrenzung des Empfängerrauschens und von intern erzeugten unerwünschten Signalen

4.7.1 Eigenrauschen

Der durch das Eigenrauschen des Messempfängers hervorgerufene Messfehler darf 1 dB nicht überschreiten.

ANMERKUNG Der Punkt, an dem ein Messempfänger einen Fehler von 1 dB hervorruft, kann durch Anlegung eines auf einen solchen Wert S eingestellten Sinussignals gefunden werden, dass die Anzeige des Anzeigeinstruments viel größer (z. B. 40 dB) als der Rauschpegel N ist. Durch Verringerung des Signalpegels S erreicht die Anzeige des Anzeigeinstruments dann einen Punkt S_1 , an dem $(S_1 + N)$ um 1 dB von der linearen Charakteristik abweicht.

4.7.2 Eigenempfang auf diskreten Frequenzen

Wenn mehr als eine Zwischenfrequenz benutzt wird, dürfen Eigenempfangsstellen, wie sie in der Anmerkung zu 4.5.4 beschrieben sind, für kein Signal am Eingang des Messempfängers einen Fehler von mehr als 1 dB hervorrufen. Bei einem Messempfänger mit eingebautem Dämpfungsglied im Zwischenfrequenzverstärker wird diese Festlegung als erfüllt angesehen, wenn der Empfänger die Festlegung von 4.8.2 bei einer Prüfung nach 4.8.2 erfüllt, es sei denn, dass das Dämpfungsglied im Zwischenfrequenzverstärker hinter der letzten Mischstufe eingefügt werden muss.

4.8 Schirmdämpfung

4.8.1 Allgemeines

Schirmdämpfung ist ein Maß für die Fähigkeit des Messempfängers, in einem elektromagnetischen Feld ohne wesentliche Beeinträchtigung zu funktionieren. Die Anforderung betrifft das Funktionieren des Empfängers innerhalb des „CISPR-Anzeigebereichs“, wie vom Hersteller entsprechend 3.2 angegeben.

Die Schirmdämpfung muss so groß sein, dass der hervorgerufene zusätzliche Fehler, wenn sich der Empfänger in einem unmodulierten elektromagnetischen Feld von 3 V/m befindet, bei keiner Frequenz zwischen 9 kHz und 1 000 MHz größer als 1 dB am Maximum und am Minimum des vom Hersteller für den Messempfänger angegebenen „CISPR-Anzeigebereichs“ ist. In den Fällen, in denen ein Messempfänger die Anforderung von 3 V/m nicht erfüllt, müssen die Feldstärke und die Frequenz, bei der der Fehler 1 dB überschreitet, vom Hersteller angegeben werden. Die Prüfung muss wie nachfolgend angegeben durchgeführt werden.

Der Empfänger wird in einem geschirmten Raum aufgestellt. Über ein 2 m langes, gut geschirmtes Kabel (z. B. biegsames Rohrmantelkabel) und eine Durchführung in der Schirmwand wird von einem Signalgenerator außerhalb des Raumes ein Eingangssignal an den Empfänger angelegt. Der Pegel des Eingangssignals muss am Maximum und am Minimum des vom Hersteller angegebenen „CISPR-Anzeigebereichs“ liegen. Alle anderen Koaxialanschlüsse des Empfängers müssen mit ihrem Wellenwiderstand abgeschlossen sein.

Nur die bei üblichem Gebrauch wesentlichen Leitungen (z. B. Stromversorgungsleitung und HF-Eingangskabel) in ihrer Minimalkonfiguration (ausgenommen Zubehör wie z. B. Kopfhörer) dürfen während der Prüfung angeschlossen sein. Die Leitungen müssen die bei üblichem Gebrauch gegebene Länge und Anordnung haben.

Die Feldstärke des den Messempfänger unmittelbar umgebenden elektromagnetischen Feldes muss mit einer Feldsonde gemessen werden.

Die Anzeige des Messempfängers bei vorhandenem elektromagnetischen Feld von 3 V/m darf von der Anzeige ohne dieses Feld um nicht mehr als 1 dB abweichen.

4.8.2 Begrenzung der hochfrequenten Aussendungen des Messempfängers

4.8.2.1 Leitungsgeführte Aussendungen

Die hochfrequente Störspannung (Funkstörspannung) an jedem Anschluss zu äußeren Leitungen (nicht nur zu den Stromversorgungsleitungen) darf die in IEC/CISPR 11, 5.1, angegebenen Grenzwerte für Geräte der Klasse B nicht überschreiten. Die Messung der hochfrequenten Störspannung (Funkstörspannung) ist jedoch an den Innenleitern von geschirmten Anschlüssen zu geschirmten Einrichtungen nicht erforderlich. Die von dem Oszillator an den Eingang des Messempfängers, der mit seinem Wellenwiderstand abgeschlossen ist,

ausgekoppelte Leistung darf 34 dB(pW), äquivalent zu einer Spannung von 51 dB(μV) an 50 Ω, nicht überschreiten.

4.8.2.2 Gestrahlte Aussendungen

Die vom Messempfänger abgestrahlte hochfrequente Störfeldstärke (Funkstörfeldstärke) darf die in IEC/CISPR 11 für den Frequenzbereich von 9 kHz bis 1 000 MHz angegebenen Grenzwerte für Geräte der Klasse B nicht überschreiten. Die Grenzwerte gelten auch für die in der Tabelle 1 der genannten Norm aufgeführten Frequenzbänder (ISM-Frequenzen). Für den Frequenzbereich von 1 GHz bis 18 GHz muss ein Grenzwert von 45 dB(pW) eingehalten werden.

Vor der Durchführung von Messungen der gestrahlten und leitungsgeführten Aussendungen ist sicherzustellen, dass die Messergebnisse nicht durch Störaussendungen der Messeinrichtung beeinflusst werden (z. B. Rechnersteuerung).

4.9 Möglichkeiten für den Anschluss eines Analysators für diskontinuierliche Störgrößen (Knackstöranalysator)

Der Messempfänger muss für alle Messfrequenzbereiche (Bänder) sowohl einen Zwischenfrequenz-Ausgang als auch einen Ausgang vom Quasispitzenwertdetektor zur Messung von diskontinuierlichen Störgrößen haben. Die Belastung dieser Ausgänge darf keinen Einfluss auf die Anzeige des Geräts haben.

5 Messempfänger mit Spitzenwertdetektor für den Frequenzbereich 9 kHz bis 18 GHz

5.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt legt Anforderungen für Messempfänger mit Spitzenwertdetektor, die bei der Messung von impulsförmigen oder pulsmodulierten Störgrößen benutzt werden, fest.

Spektrumanalysatoren, die die Anforderungen dieses Abschnitts erfüllen, dürfen für Konformitätsmessungen benutzt werden.

5.2 Eingangsimpedanz

Der Eingangsanschluss des Messempfängers muss unsymmetrisch sein. Bei Einstellungen innerhalb des CISPR-Anzeigebereichs muss die Nenn-Eingangsimpedanz 50 Ω betragen, wobei das Stehwellenverhältnis (*VSWR*) die Werte der Tabelle 5 nicht überschreiten darf.

Tabelle 5 – Anforderungen an das Stehwellenverhältnis für Eingänge von Messempfängern

Frequenzbereich	HF-Dämpfung dB	<i>VSWR</i>
9 kHz bis 1 GHz	0	2,0
9 kHz bis 1 GHz	≥ 10	1,2
1 GHz bis 18 GHz	0	3,0
1 GHz bis 18 GHz	≥ 10	2,0

Symmetrische Eingangsimpedanz im Frequenzbereich 9 kHz bis 30 MHz: Zur Durchführung von symmetrischen Messungen wird ein symmetrischer Eingangstransformator benutzt. (Im Frequenzbereich 9 kHz bis 150 kHz sollte die Eingangsimpedanz vorzugsweise 600 Ω betragen.) Diese symmetrische Eingangsimpedanz kann in der entsprechenden symmetrischen Netznachbildung, die zur Einkopplung in den Empfänger notwendig ist, oder im Empfänger selbst eingebaut sein.

5.3 Grundlegende Eigenschaften

5.3.1 Bandbreite

Für alle Arten von Breitbandstörgrößen muss mit dem Messwert der tatsächliche Wert der Bandbreite angegeben werden. Die (6-dB-)Bandbreite (B_6) muss innerhalb der Werte von Tabelle 6 liegen^{N1)}.

Tabelle 6 – Anforderungen zur Bandbreite für Messempfänger mit Spitzenwertdetektor

Frequenzbereich	Bandbreite B_6	Referenzbandbreite BW
9 kHz bis 150 kHz (Band A)	100 Hz bis 300 Hz ^{a)}	200 Hz (B_6)
0,15 MHz bis 30 MHz (Band B)	8 kHz bis 10 kHz ^{a)}	9 kHz (B_6)
30 MHz bis 1 000 MHz (Bänder C und D)	100 kHz bis 500 kHz ^{a)}	120 kHz (B_6)
1 GHz bis 18 GHz (Band E)	300 kHz bis 2 MHz ^{a)}	1 MHz ^{b)} (B_{imp})

a) Da die Anzeige eines Spitzenwert-Messempfängers bei Impulsen, die sich (am Ausgang des ZF-Filters) nicht überlappen, proportional zu dessen Impulsbandbreite ist, wird im Messbericht entweder die tatsächliche Bandbreite angegeben oder der Pegel darf auf „1 MHz Bandbreite bezogen“ berechnet werden, indem der gemessene Wert durch die Impulsbandbreite in MHz dividiert wird (siehe 3.6). Bei anderen Arten von Breitbandstörgrößen würde letzteres Verfahren zu Fehlern führen. Bei Meinungsverschiedenheiten haben Werte, die mit der Referenzbandbreite gemessen wurden, Vorrang.

b) Die gewählte Bandbreite muss als Impulsbandbreite des Messempfängers mit einer Grenzabweichung von $\pm 10\%$ definiert werden.

5.3.2 Verhältnis von Auflade- zu Entladezeitkonstante

Um eine Anzeige des Messgeräts zu bekommen, die dem wahren Wert eines Spitzenwerts bei einer Pulsfrequenz von 1 kHz mit einer Abweichung von weniger als 10 % entspricht, darf das Verhältnis von Auflade- zu Entladezeitkonstante größer oder gleich den nachfolgend angegebenen Werten sein:

- a) $1,89 \times 10^4$ im Frequenzbereich 9 kHz bis 150 kHz;
- b) $1,25 \times 10^6$ im Frequenzbereich 150 kHz bis 30 MHz;
- c) $1,67 \times 10^7$ im Frequenzbereich 30 kHz bis 1 000 kHz;
- d) $1,34 \times 10^8$ im Frequenzbereich 1 GHz bis 18 kHz.

Falls der Messempfänger eine Fähigkeit zur Maximalwertspeicherung (Max Hold) besitzt, muss die Haltezeit auf Werte zwischen 30 ms und 3 s einstellbar sein.

ANMERKUNG Bei Messempfängern, die Maximalwertspeicherung (Max Hold) (und eine erzwungene Entladung nach der Haltezeit) oder digitale Maximalwertspeicherung benutzen, sind die Anforderungen bezüglich des Verhältnisses von Auflade- zu Entladezeitkonstante nicht von Bedeutung. Für Signale mit zeitveränderlichen Amplituden kann eine Maximalwertspeicherungsfunktion der Anzeige benutzt werden.

Wenn ein Spektrumanalysator für Spitzenwertmessungen benutzt wird, muss die Videobandbreite (B_{video}) auf einen Wert eingestellt werden, der größer oder gleich der Auflösungsbandbreite (B_{res}) ist. Bei Spitzenwertmessungen kann das Ergebnis von der Anzeige des Spektrumanalysators abgelesen werden, wobei der Detektor entweder in der linearen oder der logarithmischen Betriebsart arbeitet.

^{N1)} Nationale Fußnote: Wenn B_6 von der bevorzugten Bandbreite abweicht, ist es immer empfehlenswert, die aktuelle Messbandbreite anzugeben.

5.3.3 Übersteuerungsfaktor

Bei Messempfängern mit Spitzenwertdetektor braucht der Übersteuerungsfaktor nicht so hoch wie bei anderen Messempfängern zu sein. Bei den meisten direkt anzeigenden Messempfängern muss der Übersteuerungsfaktor etwas größer als 1 sein. Der Übersteuerungsfaktor muss den benutzten Zeitkonstanten angepasst sein (siehe 5.3.2).

5.4 Messgenauigkeit bei Sinusspannungen

Die Genauigkeit der Messung von Sinusspannungen muss besser als ± 2 dB ($\pm 2,5$ dB oberhalb 1 GHz) sein, wenn das Messgerät ein Sinussignal aus einem Sinusgenerator mit 50Ω Innenwiderstand misst.

5.5 Anzeigeverhalten bei Impulsen

Bis 1 000 MHz muss die Anzeige eines Messempfängers bei Impulsen aus einer Spannungsquelle mit 50Ω Innenwiderstand, die eine Impulsfläche von $1,4/B_{\text{imp}}$ mVs (B_{imp} in Hz) bei leerlaufender Quelle aufweisen, gleich der Anzeige für ein auf die Empfangsfrequenz abgestimmtes unmoduliertes Sinussignal mit einem Effektivwert der Leerlaufspannung von 2 mV (entspricht 66 dB(μ V)) sein. Die Innenwiderstände sowohl des Pulsgenerators als auch des Sinussignalgenerators müssen gleich sein. Die Impulse müssen ein gleichförmiges Spektrum entsprechend Tabelle 2 haben. Für den Sinusspannungspegel ist eine Grenzabweichung von $\pm 1,5$ dB erlaubt. Diese Anforderung gilt für alle Pulsfrequenzen, für die Überlappung der Impulse am Ausgang des ZF-Verstärkers auftritt.

ANMERKUNG 1 Die Anhänge B und C beschreiben Verfahren zur Bestimmung der Eigenschaften der Ausgangsspannung eines Pulsgenerators, der zur Prüfung der Anforderungen dieses Abschnittes benutzt wird.

ANMERKUNG 2 Für eine Pulsfrequenz von 25 Hz im Band A und 100 Hz in den anderen Bändern ist der Zusammenhang der Anzeigen eines Messempfängers mit Spitzenwertdetektor zu denen eines Messempfängers mit Quasispitzenwertdetektor mit den bevorzugten Bandbreiten in Tabelle 7 angegeben.

Tabelle 7 – Zusammenhang des Anzeigeverhaltens von Messempfängern mit Spitzenwert- und mit Quasispitzenwertdetektor bei gleicher Bandbreite (Frequenzbereich 9 kHz bis 1 000 MHz)

Frequenz	A_{imp} mVs	B_{imp} kHz	Verhältnis Spitzenwert zu Quasispitzenwert (dB) bei der Pulsfrequenz	
			25 Hz	100 Hz
Band A	$6,67 \times 10^{-3}$	$0,21 \times 10^3$	6,1	–
Band B	$0,148 \times 10^{-3}$	$9,45 \times 10^3$	–	6,6
Bänder C und D	$0,011 \times 10^{-3}$	$126,0 \times 10^3$	–	12,0

ANMERKUNG Dem Anzeigeverhalten liegt ausschließlich die Verwendung der Referenzbandbreite zugrunde (siehe Tabelle 6).

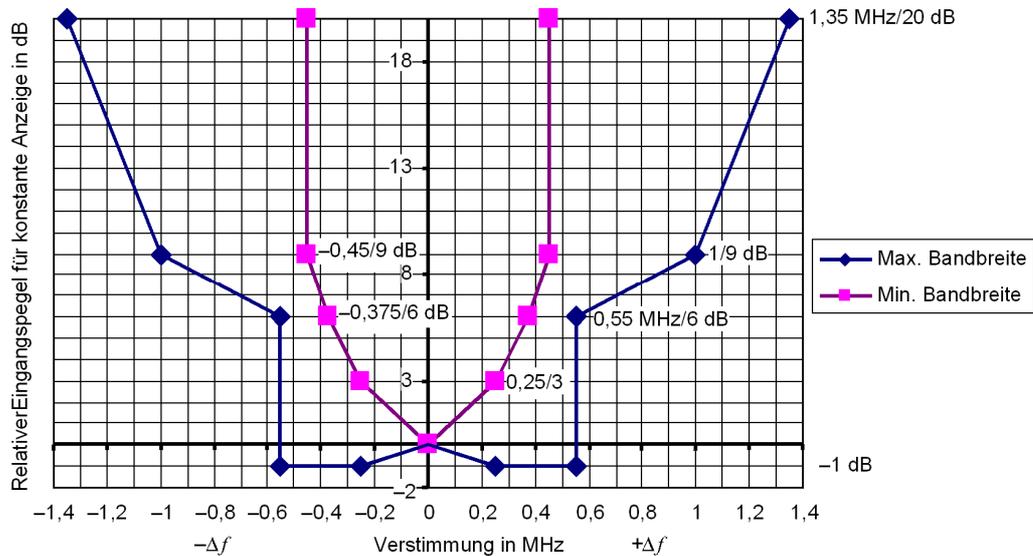
Oberhalb 1 GHz wird die erforderliche Impulshöhe unter Verwendung eines pulsmodulierten Trägers bei der Messfrequenz definiert, da Impulsgeneratoren mit einem gleichförmigen Spektrum bis 18 GHz nicht möglich sind. Siehe E.6.

5.6 Selektionseigenschaften

Da die Anforderungen zur Bandbreite nach 5.3.1 Abweichungen von den in den Bildern 2a, 2b und 2c angegebenen Bandbreiten erlauben, treffen diese Selektionskurven für Messempfänger mit Spitzenwertdetektor nur hinsichtlich der Kurvenform zu, und die Frequenzachse muss entsprechend (der 6-dB-Bandbreite zur bevorzugten Bandbreite) skaliert werden. Zum Beispiel entspricht $B_6/2$ dem Wert 100 Hz in Bild 2a.

Es gelten die Anforderungen nach 4.5.2, 4.5.3 und 4.5.4.

Die Gesamt-Selektionskurve der Referenzbandbreite des Messempfängers für Band E muss innerhalb der Grenzwerte nach Bild 4 liegen.



ANMERKUNG 1 Die Grenzwerte für die Impuls-Bandbreite können in dem Diagramm nicht gezeigt werden, da die zugehörige Filterdämpfung von der Art des Filters abhängt. Daher wurden Grenzen für die 6-dB- und die 9-dB-Bandbreite zur Orientierung angegeben.

ANMERKUNG 2 Die Grenzwerte für die Gesamtselektivität wurden für Geräte abgeleitet, die zum Zeitpunkt der Einführung der Anforderungen an die Gesamtselektivität in Gebrauch waren.

Bild 4 – Grenzen der Gesamt-Selektionskurve – Durchlassbereich (Band E)

5.7 Intermodulation, Empfängerrauschen und Schirmdämpfung

Für den Frequenzbereich unterhalb 1 GHz gelten die Anforderungen nach 4.6, 4.7 und 4.8. 4.7 und 4.8.2 gelten auch für Band E.

Zusätzlich gilt Folgendes für Band E:

- Anforderungen bezüglich Intermodulationseffekte sind in Beratung.
- Vorselektionsfilter für Band E: Wenn Nebenaussendungen mit niedrigem Pegel in der Anwesenheit eines starken Grundschwingungssignals bei bestimmten Prüflingen gemessen werden, ist ein Filter am Eingang des Messempfängers (intern oder extern) einzufügen; dieses Filter stellt eine angemessene Dämpfung auf der Grundschwingungsfrequenz zur Verfügung, um die Eingangsschaltungen des Messempfängers vor Überlastung und Beschädigung bzw. Zerstörung zu schützen und die Erzeugung von Oberschwingungs- und Intermodulationssignalen zu verhindern.

ANMERKUNG 1 Üblicherweise reicht eine Filterdämpfung von 30 dB auf der Grundschwingungsfrequenz des Prüflings aus.

ANMERKUNG 2 Mehrere Filter können erforderlich sein, um mehr als eine Grundschwingungsfrequenz zu behandeln.

Anforderungen an die Schirmdämpfung, das ist die Störfestigkeit gegen hohe gestrahlte Umgebungsstörgrößen, sind in Beratung.

6 Messempfänger mit Mittelwertdetektor für den Frequenzbereich 9 kHz bis 18 GHz

6.1 Allgemeines

Messempfänger mit Mittelwertdetektor werden im Allgemeinen nicht zur Messung von impulsförmigen Störgrößen benutzt. Diese Empfängerart hat einen Gleichrichter zur Anzeige des Mittelwerts der Hüllkurve des Signals, das die vor dem Detektor liegenden Stufen passiert hat. Der Mittelwertdetektor wird zur Messung von Schmalbandsignalen verwendet, um Probleme zu überwinden, die entweder mit dem Modulationsinhalt oder bei Vorhandensein von Breitbandsignalen auftreten.

Spektrumanalysatoren, die die Anforderungen dieses Abschnitts erfüllen, können für Konformitätsmessungen benutzt werden.

6.2 Eingangsimpedanz

Der Eingangsanschluss des Messempfängers muss unsymmetrisch sein. Bei Einstellungen innerhalb des CISPR-Anzeigebereichs muss die Nenn-Eingangsimpedanz 50Ω betragen, wobei das Stehwellenverhältnis (*VSWR*) die Werte der [Tabelle 5](#) nicht überschreiten darf.

Symmetrische Eingangsimpedanz im Frequenzbereich 9 kHz bis 150 kHz: Zur Durchführung von symmetrischen Messungen wird ein symmetrischer Eingangstransformator benutzt. (Im Frequenzbereich 9 kHz bis 150 kHz sollte die Eingangsimpedanz vorzugsweise 600Ω betragen.) Diese symmetrische Eingangsimpedanz kann in der entsprechenden symmetrischen Netznachbildung, die zur Einkopplung in den Empfänger notwendig ist, oder im Empfänger selbst eingebaut sein.

6.3 Grundlegende Eigenschaften

6.3.1 Bandbreite

Die 6-dB-Bandbreite B_6 muss innerhalb der Werte von [Tabelle 8](#) liegen.

Tabelle 8 – Anforderungen zur Bandbreite für Messempfänger mit Mittelwertdetektor

Frequenzbereich	Bandbreite B_6	Referenzbandbreite BW
9 kHz bis 150 kHz (Band A)	100 Hz bis 300 Hz ^{a)}	200 Hz (B_6)
0,15 MHz bis 30 MHz (Band B)	8 kHz bis 10 kHz ^{a)}	9 kHz (B_6)
30 MHz bis 1 000 MHz (Bänder C und D)	100 kHz bis 500 kHz ^{a)}	120 kHz (B_6)
1 GHz bis 18 GHz (Band E)	300 kHz bis 2 MHz ^{a)}	1 MHz ^{b)} (B_{imp})

^{a)} Das Thema Bandbreite wird in [E.1](#) erörtert. Wenn eine andere als die Referenzbandbreite BW benutzt wird, muss die benutzte Bandbreite zusammen mit dem Störpegel angegeben werden.
^{b)} Die gewählte Bandbreite muss wie in [Tabelle 6](#) definiert werden.

6.3.2 Übersteuerungsfaktor

Bei Messempfängern mit Mittelwertdetektor muss der Übersteuerungsfaktor für die vor dem Detektor liegenden Stufen bei einer Pulsfrequenz von n Hz $\frac{B_{imp}}{n}$ entsprechen, wobei B_{imp} in Hz anzugeben ist.

Der Empfänger darf bei Pulsfrequenzen, die größer oder gleich 25 Hz für Band A, 500 Hz für Band B und 5 000 Hz für die Bänder C und D sind, nicht übersteuern.

ANMERKUNG Bei dieser Art von Empfängern ist es im Allgemeinen nicht möglich, einen Übersteuerungsfaktor zu erhalten, der ausreichend ist, um ein nichtlineares Verhalten bei sehr niedrigen Pulsfrequenzen zu vermeiden (die Anzeige für einen einzelnen Impuls ist nicht definiert).

6.4 Messgenauigkeit bei Sinusspannungen

Die Genauigkeit der Messung von Sinusspannungen muss besser als ± 2 dB ($\pm 2,5$ dB oberhalb 1 GHz) sein, wenn das Messgerät ein Sinussignal aus einem Sinusgenerator mit 50Ω Innenwiderstand misst.

6.5 Anzeigeverhalten bei Impulsen

6.5.1 Allgemeines

ANMERKUNG Die [Anhänge B](#) und [C](#) beschreiben Verfahren zur Bestimmung der Eigenschaften der Ausgangsspannung eines Pulsgenerators, der zur Prüfung der Anforderungen dieses Abschnittes im Frequenzbereich unterhalb 1 GHz benutzt wird.

6.5.2 Amplitudenbeziehung

Bis 1 000 MHz gilt für Messempfänger mit Mittelwertdetektor Folgendes (linearer Mittelwert): Die Anzeige des Messempfängers bei Impulsen aus einer Spannungsquelle mit 50Ω Innenwiderstand, die eine Pulsfrequenz von n Hz und eine Impulsfläche von $1,4/n$ mVs bei leerlaufender Quelle aufweisen, muss gleich der Anzeige für ein auf die Empfangsfrequenz abgestimmtes unmoduliertes Sinussignal mit einem Effektivwert der Leerlaufspannung von 2 mV (entspricht 66 dB(μ V)) sein. Die Innenwiderstände sowohl des Pulsgenerators als auch des Sinussignalgenerators müssen gleich sein. Die Impulse müssen ein gleichförmiges Spektrum entsprechend [Tabelle 2](#) haben. Der Wert von n muss 25 Hz für Band A, 500 Hz für Band B und 5 000 Hz für die Bänder C und D betragen. Für den Sinusspannungspegel ist eine Grenzabweichung von + 2,5 dB bis - 0,5 dB erlaubt.

ANMERKUNG 1 Für die Pulsfrequenzen von 25 Hz, 100 Hz, 500 Hz, 1 000 Hz und 5 000 Hz ist der Zusammenhang der Anzeigen eines Mittelwert-Messempfängers zu denen eines Quasispitzenwert-Messempfängers mit gleichen Bandbreiten unter Annahme eines ausreichenden Übersteuerungsfaktors und konstanten Ausgangspegels in [Tabelle 9](#) angegeben.

Tabelle 9 – Relatives Impulsverhalten eines Messempfängers mit Mittelwert- und mit Quasispitzenwertdetektor bei gleicher Bandbreite

Frequenzbereich des Messempfängers	Verhältnis Quasispitzenwert zu Mittelwert (dB) bei der Pulsfrequenz				
	25 Hz	100 Hz	500 Hz	1 000 Hz	5 000 Hz
9 kHz bis 150 kHz (Band A)	12,4				
0,15 MHz bis 30 MHz (Band B)		(32,9)	22,9	(17,4)	
300 MHz bis 1 000 MHz (Bänder C und D)				(38,1)	26,3
ANMERKUNG 1 Dem Anzeigeverhalten liegt ausschließlich die Verwendung der Referenzbandbreite zugrunde (siehe Tabelle 8).					
ANMERKUNG 2 Werte in Klammern dienen nur der Information.					

Oberhalb 1 GHz (Band E) sind zwei Arten von Mittelwert(bewertungs)detektoren definiert: lineare und logarithmische Mittelwertdetektoren.

Bei Messempfängern mit linear anzeigendem Mittelwertdetektor muss die Anzeige des Messempfängers bei Impulsen aus einer Spannungsquelle mit 50Ω Innenwiderstand, die eine Pulsfrequenz von n Hz und eine Impulsfläche von $1,4/n$ mVs bei leerlaufender Quelle aufweisen, gleich der Anzeige für ein auf die Empfangsfrequenz abgestimmtes unmoduliertes Sinussignal mit einem Effektivwert der Leerlaufspannung von 2 mV (entspricht 66 dB(μ V)) sein. Der Impuls muss als pulsmodulierter Träger definiert sein. Der Wert von n muss 50 000 Hz (für Band E) betragen. Für den Sinusspannungspegel ist eine Grenzabweichung von $\pm 1,5$ dB erlaubt.

Bei Messempfängern mit logarithmisch anzeigendem Mittelwertdetektor muss die Anzeige des Messempfängers bei Impulsen aus einer Spannungsquelle mit 50Ω Innenwiderstand, die eine Pulsfrequenz von 333 Hz (Reziprokwert von $3 \mu\text{s}$) und eine Impulsfläche von $6,7 \text{ nVs}$ bei leerlaufender Quelle aufweisen, gleich der Anzeige für ein auf die Empfangsfrequenz abgestimmtes unmoduliertes Sinussignal mit einem Effektivwert der Leerlaufspannung von 2 mV (entspricht $66 \text{ dB}(\mu\text{V})$) sein. Für den Sinusspannungspegel ist eine Grenzabweichung von $\pm 4 \text{ dB}$ erlaubt (die 10%ige Grenzabweichung der Bandbreite verursacht eine mögliche Schwankung von ungefähr $\pm 2,5 \text{ dB}$).

Für weitere Einzelheiten siehe [E.6](#).

ANMERKUNG 2 Mittelwertdetektion kann mit Spektrumanalysatoren erreicht werden, die mit einer Videobandbreite $B_{\text{Video}} \ll B_{\text{imp}}$ betrieben werden, um eine saubere Mittelwertbildung auf der Grundlage der Pulsfrequenz des gemessenen Signals zu erzielen. Bei Messungen, die auf einer Verringerung der Videobandbreite beruhen, ist sicherzustellen, dass die Suchlaufzeit ausreichend lang ist, um dem Videofilter zu ermöglichen, richtig zu antworten.

ANMERKUNG 3 Bei Mittelwert(bewertungs)messungen in der linearen Betriebsart wird das Ergebnis dem Mittelwert des gemessenen Signals entsprechen. Wenn die logarithmische Betriebsart verwendet wird, wird das Ergebnis dem Mittelwert der logarithmischen Werte des gemessenen Signals entsprechen. Somit beträgt der in der logarithmischen Betriebsart erzielte Pegel für ein rechteckförmiges Signal, das alternativ die Werte $20 \text{ dB}(\mu\text{V})$ und $60 \text{ dB}(\mu\text{V})$ annimmt, $40 \text{ dB}(\mu\text{V})$, während in der linearen Betriebsart der Pegel $54,1 \text{ dB}(\mu\text{V})$ den wahren Mittelwert des Signals darstellt.

6.5.3 Änderung der Anzeige mit der Pulsfrequenz

Die Anzeige des Messempfängers mit linear anzeigendem Mittelwertdetektor bei Pulssignalen muss so sein, dass bei konstanter Anzeige des Messempfängers der Zusammenhang zwischen Amplitude und Pulsfrequenz mit folgender Gesetzmäßigkeit übereinstimmt:

Amplitude umgekehrt proportional zur Pulsfrequenz

Eine Grenzabweichung von $+ 3 \text{ dB}$ bis $- 1 \text{ dB}$ ist im Frequenzbereich von der niedrigsten Pulsfrequenz, die sich aus den Betrachtungen zur Übersteuerung ergibt, bis zur Frequenz, die gleich $\frac{B_3}{2}$ ist, erlaubt.

ANMERKUNG 1 Die theoretischen Pulsbewertungskurven von Messempfängern mit Quasispitzenwert- und Mittelwertdetektor sind im [Bild 1d](#) in einem Maßstab mit absoluten Pegeln gemeinsam dargestellt. Die Antwort des Messempfängers mit logarithmisch anzeigendem Mittelwertdetektor (oberhalb 1 GHz) auf Impulse wird durch den Geräuschpegel zwischen den Impulsen beeinflusst. Unter Verwendung der nachfolgenden Werte

L_{logAv} durch den logarithmisch anzeigenden Mittelwertdetektor angezeigter Pegel,

T_P Impulsdauer,

L_P Impulspegel in $\text{dB}(\mu\text{V})$,

T_N Dauer des Geräuschpegels,

L_N Geräuschpegel in $\text{dB}(\mu\text{V})$

gilt die folgende ungefähre Beziehung:

$$L_{\text{logAv}} = \frac{T_P L_P + T_N L_N}{T_P + T_N} \quad (7)$$

BEISPIEL: Wenn der Impulspegel $L_P 85 \text{ dB}(\mu\text{V})$ und der Geräuschpegel $L_N 8 \text{ dB}(\mu\text{V})$ beträgt, $T_P = 1/B_{\text{imp}} = 1 \mu\text{s}$ ist sowie die Pulsfrequenz $n 100\,000 \text{ Hz}$ beträgt, dann ist $T_N = 9 \mu\text{s}$. Aus der vorstehenden Gleichung ergibt sich $L_{\text{logAv}} = 15,7 \text{ dB}(\mu\text{V})$. In Wirklichkeit ist L_{logAv} höher, weil das Impulssignal am ZF-Ausgang unmittelbar nach $1 \mu\text{s}$ nicht sofort auf den Geräuschpegel abfällt.

ANMERKUNG 2 Eine Festlegung zur Grenzabweichung befindet sich in Beratung.

6.5.4 Anzeigeverhalten bei intermittierenden, schwankenden und driftenden schmalbandigen Störgrößen

Die Anzeige des Messempfängers muss bei intermittierenden, schwankenden und driftenden schmalbandigen Störgrößen so sein, dass das Messergebnis gleich der Spitzenwertanzeige eines Instruments mit einer Zeitkonstanten von 160 ms für die Bänder A und B und von 100 ms für die Bänder C und D ist, wie Bild 6 entnommen werden kann. Die Zeitkonstante muss wie in A.3.2 definiert sein. Dies kann durch ein Netzwerk erfüllt werden, das ein Anzeigeinstrument nachbildet und auf den Hüllkurvendetektor des Empfängers folgt. Zum Beispiel kann der Spitzenwert durch kontinuierliche Beobachtung des Ausgangs des Anzeigeinstruments unter Verwendung eines A/D-Wandlers und eines Mikroprozessors entnommen werden, wie in Bild 5 gezeigt wird.

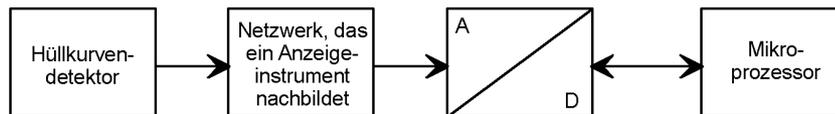


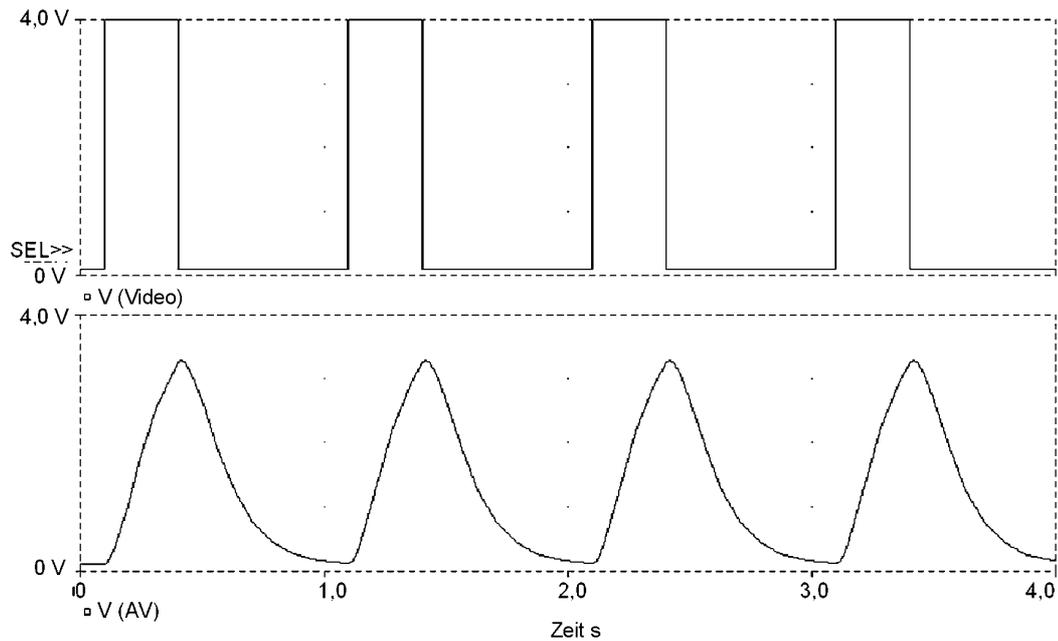
Bild 5 – Blockschaltbild eines Mittelwertdetektors

Für Band E beträgt die Zeitkonstante des linear anzeigenden Mittelwertdetektors 100 ms. Eine entsprechende Festlegung für den logarithmisch anzeigenden Mittelwertdetektor befindet sich in Beratung.

Aus der vorstehenden Anforderung wird abgeleitet, dass ein Mittelwertdetektor den maximalen, in Tabelle 10 für ein hochfrequentes sinusförmiges Eingangssignal, moduliert mit einer Folge von rechteckförmigen Impulsen, angegebenen Ablesewert ergeben muss. Dauer und Periode der Impulse werden in der Tabelle angegeben. Für diese Anforderung ist eine Grenzabweichung von $\pm 1,0$ dB erlaubt.

Tabelle 10 – Maximaler Ablesewert bei Messempfängern mit Mittelwertdetektor für ein pulsmoduliertes sinusförmiges Eingangssignal im Vergleich zum Anzeigeverhalten bei einem unmodulierten Dauer-Sinussignal mit gleicher Amplitude

Folge von rechteckförmigen Impulsen für die Modulation	Empfänger für Bänder A und B $T_M = 0,16$ s	Empfänger für Bänder C und D $T_M = 0,1$ s
Dauer = T_M Periode = 1,6 s	0,353 (= -9,0 dB)	0,353 (= -9,0 dB)
ANMERKUNG Für Band E gelten diese Festlegungen nur für linear anzeigende Mittelwertdetektoren.		



ANMERKUNG 1 Die dargestellte Antwort wurde durch ein intermittierendes schmalbandiges Signal mit einer Dauer von 0,3 s und einer Pulsfrequenz von 1 Hz hervorgerufen, wenn eine Zeitkonstante von 100 ms verwendet wird. Wenn die Zeitkonstante 160 ms beträgt, sind die Spitzen am Ausgang des Netzwerks, welches das Anzeigeelement nachbildet, niedriger.

ANMERKUNG 2 Die Antwort auf ein intermittierendes schmalbandiges Signal kann auch für den logarithmisch anzeigenden Mittelwertdetektor mit einer bestimmten Videobandbreite, z. B. 10 Hz, und einer Maximalwertspeicherung (Max Hold) der Spektrumanzeige definiert werden.

Bild 6 – Bildschirmausdruck, der das Anzeigeverhalten des Netzwerks, welches das Anzeigeelement nachbildet, bei einem intermittierenden schmalbandigen Signal zeigt

6.6 Selektionseigenschaften

Bei Empfängern mit einer Bandbreite von 200 Hz (für den Frequenzbereich 9 kHz bis 150 kHz) oder einer Bandbreite von 9 kHz (für den Frequenzbereich 0,15 MHz bis 30 MHz) muss die Gesamt-Selektivität innerhalb der in [Bild 2a](#) bzw. [Bild 2b](#) gezeigten Grenzen liegen. Bei Empfängern mit einer Bandbreite von 120 kHz (für den Frequenzbereich 30 MHz bis 1 000 MHz) muss die Gesamt-Selektivität innerhalb der im [Bild 2c](#) gezeigten Grenzen liegen. Bei Empfängern mit anderen Bandbreiten beschreiben die [Bilder 2a bis 2c](#) nur die Form der Selektionskurve, und die Frequenzachsen müssen entsprechend (der 6-dB-Bandbreite zur bevorzugten Bandbreite) skaliert werden. Die Gesamt-Selektionskurve der Referenzbandbreite des Messempfängers für Band E muss innerhalb der Grenzwerte nach [Bild 4](#) liegen.

Es gelten die Anforderungen nach [4.5.2](#), [4.5.3](#) und [4.5.4](#).

ANMERKUNG Zur Messung von Geräten, die eine bessere Selektivität im Übergangsbereich von 130 kHz bis 150 kHz erfordern (z. B. bei Geräten zur Signalübertragung auf elektrischen Niederspannungsnetzen, wie in [EN 50065-1 \[12\]](#)¹⁾ definiert), kann ein Hochpassfilter am Eingang des Messempfängers eingefügt werden, um die folgende Gesamt-Selektivität von CISPR-Messempfänger und Hochpass zu erreichen:

¹⁾ Zahlen in eckigen Klammern verweisen auf die Literaturhinweise.

Frequenz kHz	Relative Dämpfung dB
150	≤ 1
146	≤ 6
145	≥ 6
140	≥ 34
130	≥ 81

Die Kombination aus Messempfänger und Hochpassfilter sollte die Anforderungen dieser Norm erfüllen.

6.7 Intermodulationseffekte, Empfängerrauschen und Schirmdämpfung

Es gelten die Anforderungen nach 5.7.

7 Messempfänger mit Effektivwert-Mittelwert-Detektor für den Frequenzbereich 9 kHz bis 18 GHz

7.1 Allgemeines

Effektivwert-Mittelwert-Detektoren verwenden einen Bewertungsdetektor, der eine Kombination des Effektivwertdetektors (für Pulsfrequenzen oberhalb einer Eckfrequenz f_c) und des Mittelwert-Detektors (für Pulsfrequenzen unterhalb dieser Eckfrequenz f_c) darstellt; somit ergibt sich eine Pulsbewertungskurve mit folgenden Eigenschaften: 10 dB/Dekade oberhalb der Eckfrequenz und 20 dB/Dekade unterhalb der Eckfrequenz.

Spektrumanalysatoren, die die Anforderungen dieses Abschnitts erfüllen, können für Konformitätsmessungen benutzt werden.

7.2 Eingangsimpedanz

Der Eingangsschaltung des Messempfängers muss unsymmetrisch sein. Bei Einstellungen innerhalb des CISPR-Anzeigebereichs muss die Nenn-Eingangsimpedanz 50 Ω betragen, wobei das Stehwellenverhältnis (*VSWR*) die Werte der Tabelle 11 nicht überschreiten darf.

Tabelle 11 – Anforderungen an das Stehwellenverhältnis für die Eingangsimpedanz

Frequenzbereich	HF-Dämpfung dB	<i>VSWR</i>
9 kHz bis 1 GHz	0	2,0
9 kHz bis 1 GHz	10	1,2
1 GHz bis 18 GHz	0	3,0
1 GHz bis 18 GHz	10	2,0

Symmetrische Eingangsimpedanz im Frequenzbereich 9 kHz bis 30 MHz: Zur Durchführung von symmetrischen Messungen wird ein symmetrischer Eingangstransformator benutzt. Im Frequenzbereich 9 kHz bis 150 kHz sollte die Eingangsimpedanz vorzugsweise 600 Ω betragen. Diese symmetrische Eingangsimpedanz kann in der entsprechenden symmetrischen Netznachbildung, die zur Einkopplung in den Empfänger notwendig ist, oder im Empfänger selbst eingebaut sein.

7.3 Grundlegende Eigenschaften

7.3.1 Bandbreite

Die Bandbreiten müssen innerhalb der Werte von Tabelle 12 liegen.

Tabelle 12 – Anforderungen zur Bandbreite für Messempfänger mit Effektivwert-Mittelwert-Detektor

Frequenzbereich	Bandbreite
9 kHz bis 150 kHz (Band A)	200 Hz (B_6)
150 kHz bis 30 MHz (Band B)	9 kHz (B_6)
30 MHz bis 1 000 MHz (Bänder C und D)	120 kHz (B_6)
1 GHz bis 18 GHz (Band E)	1 MHz (B_{imp})
ANMERKUNG Die in Band E gewählte Bandbreite ist als Impuls-Bandbreite des Messempfängers mit einer Grenzabweichung von $\pm 10\%$ definiert.	

7.3.2 Übersteuerungsfaktor

Oberhalb der nachfolgend angegebenen Eckfrequenz f_c muss der Übersteuerungsfaktor für die vor dem Detektor liegenden Stufen bei einer Pulsfrequenz von n Hz $1,27 (B_3/n)^{1/2}$ entsprechen, wobei B_3 in Hz anzugeben ist. Unterhalb der Eckfrequenz muss der Übersteuerungsfaktor bei einer Pulsfrequenz von n Hz oberhalb $1,27 (B_3/f_c)^{1/2} (f_c/n)$ liegen.

ANMERKUNG 1 Die Eckfrequenz ist diejenige Pulsfrequenz, oberhalb der sich der Effektivwert-Mittelwert-Detektor wie ein Effektivwert-Detektor verhält und unterhalb der der Effektivwert-Mittelwert-Detektor die Steilheit eines Mittelwert-Detektors besitzt.

Die niedrigste Pulsfrequenz, bei der keine Übersteuerung auftritt, muss die Werte der Tabelle 13 erfüllen.

Tabelle 13 – Niedrigste Pulsfrequenz, bei der keine Übersteuerung auftritt

Frequenzbereich des Messempfängers	Eckfrequenz f_c kHz	Niedrigste Pulsfrequenz Hz	Verhältnis Spitzenwert-zu Effektivwert-Mittelwert-Anzeigen dB
9 kHz bis 150 kHz (Band A)	0,01	5	19
0,15 MHz bis 30 MHz (Band B)	0,01	5	35,5
30 MHz bis 1 000 MHz (Bänder C und D)	0,1	31,6	40,6
1 GHz bis 18 GHz (Band E)	1	316	40

ANMERKUNG 2 Bei dieser Art von Empfängern ist es im Allgemeinen nicht möglich, einen Übersteuerungsfaktor zu erhalten, der ausreichend ist, um ein nichtlineares Verhalten bei sehr niedrigen Pulsfrequenzen in den Bändern C, D und E zu vermeiden (die Anzeige für einen kurzen einzelnen Impuls ist in diesen Bändern nur theoretisch definiert).

ANMERKUNG 3 [Anhang A](#) beschreibt die Berechnung des Übersteuerungsfaktors für den Effektivwertdetektor. [Anhang B](#) beschreibt die Bestimmung des Spektrums eines Pulsgenerators. [Anhang C](#) beschreibt die genaue Messung der Ausgangsgröße von Nanosekunden-Pulsgeneratoren.

ANMERKUNG 4 Für das Band E kann die Prüfung mit einem pulsmodulierten Sinussignal mit einer belegten Bandbreite von z. B. 2 MHz durchgeführt werden. E.6 enthält die Spezifikation eines anwendbaren Prüfsignals.

7.4 Messgenauigkeit bei Sinusspannungen

Die Genauigkeit der Messung von Sinusspannungen muss besser als ± 2 dB ($\pm 2,5$ dB oberhalb 1 GHz) sein, wenn das Messgerät ein Sinussignal aus einem Sinusgenerator mit 50Ω Innenwiderstand misst.

7.5 Anzeigeverhalten bei Impulsen

7.5.1 Einzelheiten der Konstruktion

Die Funktion des Detektors kann durch einen Effektivwert-Detektor dargestellt werden, der kontinuierlich während Zeitdauern, die gleich dem Kehrwert der Eckfrequenz f_c sind, Effektivwerte bestimmt. Diese Effektivwerte passieren anschließend ein Tiefpassfilter zweiter Ordnung, das der kritisch gedämpften Anzeige, wie sie für den Quasispitzenwertdetektor festgelegt ist, entspricht. Die Zeitkonstante des Tiefpassfilters ist bis 1 GHz festgelegt. Im Band E beträgt die Zeitkonstante 100 ms. Bei Schwankungen mit der Zeit stellt das höchste Ausgangssignal des Tiefpassfilters das Messergebnis dar.

ANMERKUNG Die [Anhänge B, C](#) und [E](#) beschreiben Verfahren zur Bestimmung der Eigenschaften der Ausgangsspannung von Pulsenergiegeneratoren, die zur Prüfung der Anforderungen dieses Abschnittes benutzt wird.

7.5.2 Amplitudenbeziehung

Die Anzeige des Messempfängers für Band A bei Impulsen aus einer Spannungsquelle mit 50Ω Innenwiderstand, die eine Impulsfläche von $278 \times (B_3)^{-1/2} \mu\text{Vs}$ (B_3 in Hz) bei leerlaufender Quelle und ein gleichförmiges Spektrum mindestens bis zur höchsten abstimmbaren Frequenz im Band A sowie eine Pulsfrequenz von 25 Hz aufweisen, muss bei allen abstimmbaren Frequenzen gleich der Anzeige für ein auf die Empfangsfrequenz abgestimmtes unmoduliertes Sinussignal mit einem Effektivwert der Leerlaufspannung von 2 mV (entspricht 66 dB(μV)) sein. Die entsprechenden Werte für Messempfänger für die Bänder B, C, D und E sind $44 \times (B_3)^{-1/2} \mu\text{Vs}$ (B_3 in Hz) und 1 000 Hz. Die Innenwiderstände sowohl des Pulsenergiegenerators als auch des Sinussignalgenerators müssen gleich sein. Für die vorstehend angegebenen Sinusspannungspegel ist eine Grenzabweichung von $\pm 1,5$ dB erlaubt.

ANMERKUNG [Anhang A](#) beschreibt die Berechnung der Pulsbewertung des Effektivwert-Detektors. Für die Pulsfrequenz 25 Hz bzw. 100 Hz (d. h. die Bezugspulsfrequenz des Quasispitzenwert-Detektors) ist der Zusammenhang der Anzeigen eines Messempfängers mit Effektivwert-Mittelwert-Detektor zu denen eines Messempfängers mit Quasispitzenwertdetektor mit gleichen Bandbreiten in Tabelle 14 angegeben.

Tabelle 14 – Vergleich der Pulsbewertung von Messempfängern mit Effektivwert-Mittelwert-Detektor und mit Quasispitzenwertdetektor

Frequenzbereich des Messempfängers	Pulsfrequenz	Verhältnis der Anzeigen Quasispitzenwert zu Effektivwert-Mittelwert
	Hz	dB
9 kHz bis 150 kHz (Band A)	25	4,2
0,15 MHz bis 30 MHz (Band B)	100	14,3
30 MHz bis 1 000 MHz (Bänder C und D)	100	20,1

7.5.3 Änderung der Anzeige mit der Pulsfrequenz

Die Anzeige des Messempfängers bei Pulssignalen muss so sein, dass bei konstanter Anzeige des Messempfängers oberhalb der Eckfrequenz f_c der Zusammenhang zwischen Amplitude und Pulsfrequenz mit folgender Gesetzmäßigkeit übereinstimmt:

Amplitude umgekehrt proportional zur Quadratwurzel aus der Pulsfrequenz

Unterhalb der Eckfrequenz f_c muss der Zusammenhang zwischen Amplitude und Pulsfrequenz mit folgender Gesetzmäßigkeit übereinstimmen:

Amplitude umgekehrt proportional zur Pulsfrequenz

Die Bewertungskurve für einen Messempfänger muss innerhalb der in der Tabelle 15 festgelegten Grenzen liegen.

Tabelle 15 – Pulsbewertung von Messempfängern mit Effektivwert-Mittelwert-Detektor

Pulsfrequenz Hz	Relativer äquivalenter Pulspegel dB			
	Band A	Band B	Bänder C und D	Band E
100 k	–	–	(–20 ± 2,0)	–20 ± 2,0
10 k	–	–	–10 ± 1,0	–10 ± 1,0
1 000	–	0 (Bezug)	0 (Bezug)	0 (Bezug)
316	–	+5 ± 0,5	+5 ± 0,5	+10 ± 1,0
100	–6 ± 0,6	+10 ± 1,0	+10 ± 1,0	(+20 ± 2,0)
31,6	–	+15 ± 1,5	+20 ± 2,0	
25	0 (Bezug)	+16 ± 1,6		
10	+4 ± 0,4	+20 ± 2,0		
5	+9 ± 0,7	+25 ± 2,3		
1	–	–		

ANMERKUNG 1 Werte in Klammern dienen nur der Information.

ANMERKUNG 2 Die Werte für 5 Hz für die Bänder A und B berücksichtigen den Einfluss der Zeitkonstanten des Anzeigeinstruments.

7.5.4 Anzeigeverhalten bei intermittierenden, schwankenden und driftenden schmalbandigen Störgrößen

Die Anzeige des Messempfängers muss bei intermittierenden, schwankenden und driftenden schmalbandigen Störgrößen so sein, dass das Messergebnis gleich der Maximalwertanzeige eines Instruments mit einer Zeitkonstanten von 160 ms für die Bänder A und B und von 100 ms für die Bänder C, D und E ist. Dies kann durch das Netzwerk erfüllt werden, das ein Anzeigeinstrument nachbildet (analog oder digital) und für das die in 7.5.1 beschriebenen Effektivwerte als Eingangsgröße verwendet werden.

Aus der vorstehenden Anforderung wird abgeleitet, dass ein Messempfänger mit Effektivwert-Mittelwert-Detektor den maximalen, in Tabelle 9 für ein hochfrequentes sinusförmiges Eingangssignal, moduliert mit einer Folge von rechteckförmigen Impulsen, angegebenen Ablesewert ergeben muss. Dauer und Periode der Impulse sind in Tabelle 16 angegeben. Für diese Anforderung ist eine Grenzabweichung von ± 1,0 dB erlaubt.

Tabelle 16 – Maximaler Ablesewert bei Messempfängern mit Effektivwert-Mittelwert-Detektor für ein pulsmoduliertes sinusförmiges Eingangssignal im Vergleich zum Anzeigeverhalten bei einem unmodulierten Dauer-Sinussignal mit gleicher Amplitude

Folge von rechteckförmigen Impulsen für die Modulation	Empfänger für Bänder A und B $T_M = 0,16 \text{ s}$	Empfänger für Bänder C, D und E $T_M = 0,1 \text{ s}$
Dauer = T_M Periode = 1,6 s	0,398 (= -7,9 dB)	0,353 (= -9,0 dB)
ANMERKUNG Wegen der schwankenden Überlappung der 160-ms-Impulsdauer mit der 100-ms-Effektivwert-Integrations-Zeitdauer können die Werte für Messempfänger für die Bänder A und B um etwa $\pm 0,5 \text{ dB}$ schwanken.		

7.6 Selektionseigenschaften

Die Selektionskurven für Messempfänger mit Effektivwert-Mittelwert-Detektor müssen gleich denen in den [Bild 2a bis Bild 2c](#) für die Bänder A, B, C und D sein. Für Messempfänger, die im Band E messen, ist die Selektionskurve in [Bild 4](#) gegeben.

Es gelten die Anforderungen nach [4.5.2](#), [4.5.3](#) und [4.5.4](#). Für Messempfänger, die im Band E messen, befinden sich die Anforderungen noch in Beratung.

7.7 Intermodulationseffekte, Empfängerrauschen und Schirmdämpfung

Für den Frequenzbereich unterhalb 1 GHz gelten die Anforderungen nach [4.6](#), [4.7](#) und [4.8](#). Die Anforderungen nach [4.7](#) sowie nach [4.8.2](#) gelten auch für Band E.

Für Band E gilt Folgendes:

- Anforderungen hinsichtlich Intermodulationseffekten befinden sich in Beratung.
- Vorselektionsfilter: Wenn Nebenaussendungen mit niedrigem Pegel in der Anwesenheit eines starken Grundschiwingungssignals bei bestimmten Prüflingen gemessen werden, ist ein Filter am Eingang des Messempfängers einzufügen – um eine angemessene Dämpfung auf der Grundschiwingungsfrequenz sicherzustellen, um die Eingangsschaltungen des Messempfängers vor Überlastung und Beschädigung bzw. Zerstörung zu schützen und die Erzeugung von Oberschwingungs- und Intermodulationssignalen zu verhindern.

ANMERKUNG 1 Üblicherweise reicht eine Filterdämpfung von 30 dB auf der Grundschiwingungsfrequenz des Prüflings aus.

ANMERKUNG 2 Mehrere Filter können erforderlich sein, um mehr als eine Grundschiwingungsfrequenz zu behandeln.

Anforderungen an die Schirmdämpfung, das ist die Störfestigkeit gegen hohe gestrahlte Umgebungsstörgrößen, sind in Beratung.

8 Messempfänger mit Effektivwertdetektor für den Frequenzbereich 1 GHz bis 18 GHz mit Amplitudenwahrscheinlichkeitsverteilungs-Messfunktion (APD-Messfunktion)

Die Amplitudenwahrscheinlichkeitsverteilung (en: APD) einer Störgröße ist definiert als kumulierte Verteilung der „Wahrscheinlichkeit der Zeit, während der die Störgröße einen festgelegten Pegel überschreitet“.

Die Amplitudenwahrscheinlichkeitsverteilung kann am Ausgang eines Hüllkurvendetektors oder der nachfolgenden Schaltkreise eines HF-Messempfängers oder Spektrumanalysators gemessen werden. Die

Amplitude der Störgröße sollte in Form der korrespondierenden Feldstärke oder Spannung am Eingang des Empfängers ausgedrückt werden. Üblicherweise wird eine Messung der Amplitudenwahrscheinlichkeitsverteilung (APD-Messung) auf einer festen Frequenz durchgeführt.

Die Amplitudenwahrscheinlichkeitsverteilungs-Messfunktion (APD-Messfunktion) stellt eine zusätzliche Funktion des Messgeräts dar und kann dem Messgerät beigefügt oder in das Messgerät eingebaut sein.

Die Amplitudenwahrscheinlichkeitsverteilungs-Messfunktion (APD-Messfunktion) kann mit Hilfe folgender Verfahren implementiert werden: Ein Lösungsansatz verwendet Vergleicher und Zähler (Bild G.1). Die Einrichtung bestimmt die Wahrscheinlichkeiten des Überschreitens eines Satzes von vorher zugewiesenen Pegeln (z. B. Spannungspegeln). Die Anzahl der Pegel ist gleich der Anzahl der Vergleicher. Ein anderes mögliches Verfahren bezieht die Verwendung eines A/D-Wandlers, eines logischen Schaltkreises und eines Speichers (Bild G.2) ein. Die Einrichtung kann auch eine graphische Darstellung der Amplitudenwahrscheinlichkeitsverteilung für einen Satz von vorher zugewiesenen Pegeln liefern. Die Anzahl der Pegel hängt von der Auflösung des A/D-Wandlers ab (z. B. 256 Pegel bei einem 8-Bit-Wandler).

Die Messung der Amplitudenwahrscheinlichkeitsverteilungs-Messung mit Hilfe der vorbeschriebenen Funktion ist bei Produkten oder Produktfamilien anwendbar, wenn deren Fähigkeit zur Erzeugung von Störungen von digitalen Kommunikationssystemen zu bestimmen ist (siehe IEC/CISPR 16-3, Änderung 1, 4.7, in Bezug auf Hintergrundmaterial zu Festlegungen zur Amplitudenwahrscheinlichkeitsverteilung).

Die folgenden Festlegungen gelten für die Amplitudenwahrscheinlichkeitsverteilungs-Messfunktion (APD-Messfunktion). Eine Begründung für diese Festlegungen ist im Anhang G gegeben.

– **Festlegungen**

- a) Der Dynamikbereich der Amplitude muss größer als 60 dB sein.
- b) Die Amplitudenungenauigkeit einschließlich Schwelleneinstellfehlern muss besser als $\pm 2,7$ dB sein.
- c) Die maximale messbare Zeitdauer einer Störgröße muss größer als oder gleich 2 min sein. Die intermittierende Messung kann durchgeführt werden, wenn die tote Zeit (während der kein Messwert erfasst wird) kleiner als 1 % der gesamten Messzeit ist.
- d) Die minimale messbare Wahrscheinlichkeit muss 10^{-7} sein.
- e) Die APD-Messfunktion muss in der Lage sein, mindestens zwei Amplitudenpegel zuzuweisen. Die mit allen zugewiesenen Pegeln verknüpften Wahrscheinlichkeiten müssen gleichzeitig gemessen werden. Die Auflösung der zugewiesenen Pegel muss 0,25 dB oder besser sein.
- f) Die Abtastrate muss größer als oder gleich 10^7 Samples/s sein, wenn eine Auflösungsbandbreite von 1 MHz benutzt wird.

– **Empfohlene Festlegung**

- g) Für APD-Messgeräte mit einem A/D-Wandler sollte die Amplitudenauflösung der APD-Anzeige kleiner als 0,25 dB sein.

ANMERKUNG APD-Messungen können auch im Frequenzbereich unterhalb 1 GHz anwendbar sein.

9 Knackstöranalysatoren

9.1 Allgemeines

Knackstöranalysatoren werden zur automatischen Ermittlung von Amplitude, Knackrate und Dauer von diskontinuierlichen Störgrößen (Knacken) benutzt.

Ein Knack besitzt die folgenden Eigenschaften:

- a) Der Quasispitzenwert der Amplitude überschreitet den Quasispitzenwert-Grenzwert für Dauerstörgrößen;
- b) die Dauer ist nicht länger als 200 ms;
- c) der Abstand zur vorhergehenden oder zur nächsten Störgröße ist gleich oder größer als 200 ms.

Eine Folge von kurzen Impulsen muss als Knack behandelt werden, wenn ihre Dauer, gemessen vom Beginn des ersten bis zum Ende des letzten Impulses, nicht länger als 200 ms ist und die Bedingungen a) und c) erfüllt sind.

Die Zeitparameter werden von dem Signal abgeleitet, welches den ZF-Bezugspegel des Messempfängers überschreitet.

ANMERKUNG 1 Definition und Ermittlung von Knacken stimmen mit der [IEC/CISPR 14-1](#) überein.

ANMERKUNG 2 Im Einsatz befindliche Analysatoren wurden zur Verwendung mit einem Quasispitzenwert-Messempfänger, der mit einem begrenzten internen Signalpegel arbeitet, entwickelt. Als Folge kann es sein, dass solche Analysatoren nicht mit allen Empfängern korrekt zusammenarbeiten.

9.2 Grundlegende Eigenschaften

- a) Der Analysator muss mit einem Kanal zur Messung der Dauer und des Abstandes von Knacken ausgerüstet sein; der Eingang dieses Kanals muss mit dem ZF-Ausgang des Messempfängers verbunden sein. Bei diesen Messungen ist nur der Teil der Störgröße zu betrachten, der den ZF-Bezugspegel des Messempfängers überschreitet. Die Genauigkeit der Zeitdauer-Messungen darf nicht schlechter als $\pm 5\%$ sein.

ANMERKUNG 1 Der ZF-Bezugspegel ist der Wert am ZF-Ausgang des Messempfängers, der einem unmodulierten Sinussignal entspricht, das eine Quasispitzenwert-Anzeige erzeugt, die gleich dem Grenzwert für Dauerstörgrößen ist.

- b) Der Analysator muss mit einem Kanal zur Ermittlung der Quasispitzenwert-Amplitude einer Störgröße ausgerüstet sein.
- c) Die Amplitude im Quasispitzenwert-Kanal muss 250 ms nach der letzten abfallenden Flanke im ZF-Kanal gemessen werden.
- d) Die Kombination beider Kanäle (Messempfänger und Knackstöranalysator) muss in jeder Beziehung die Anforderungen nach [4.2](#) erfüllen.
- e) Der Analysator muss in der Lage sein, die folgenden Informationen anzuzeigen:
- die Anzahl der Knacke, deren Dauer kleiner oder gleich 200 ms ist;
 - die Dauer der Prüfung in min;
 - die Knackrate;
 - das Auftreten von Störgrößen, die keine Knacke sind und die den Quasispitzenwert-Grenzwert für Dauerstörgrößen überschreiten.

ANMERKUNG 2 Ein Beispiel für einen Knackstöranalysator wird als Blockschaltbild in [Bild 7](#) gezeigt.

- f) Zum Nachweis, dass der Knackstöranalysator die grundlegenden Eigenschaften aufweist, muss er die Funktionsprüfung mit allen in der [Tabelle 17](#) aufgeführten Kurvenformen (Prüfimpulse) bestehen.

[Bild 7](#) gibt die in der [Tabelle 17](#) aufgeführten Kurvenformen in graphischer Form wieder.

[Bild F.1](#) gibt in graphischer Form die in der [Tabelle F.1](#) aufgeführten Kurvenformen für die Funktionsprüfung gegenüber den Ausnahmen von der Definition eines Knackes entsprechend [IEC/CISPR 14-1, 4.2.3](#), wieder.

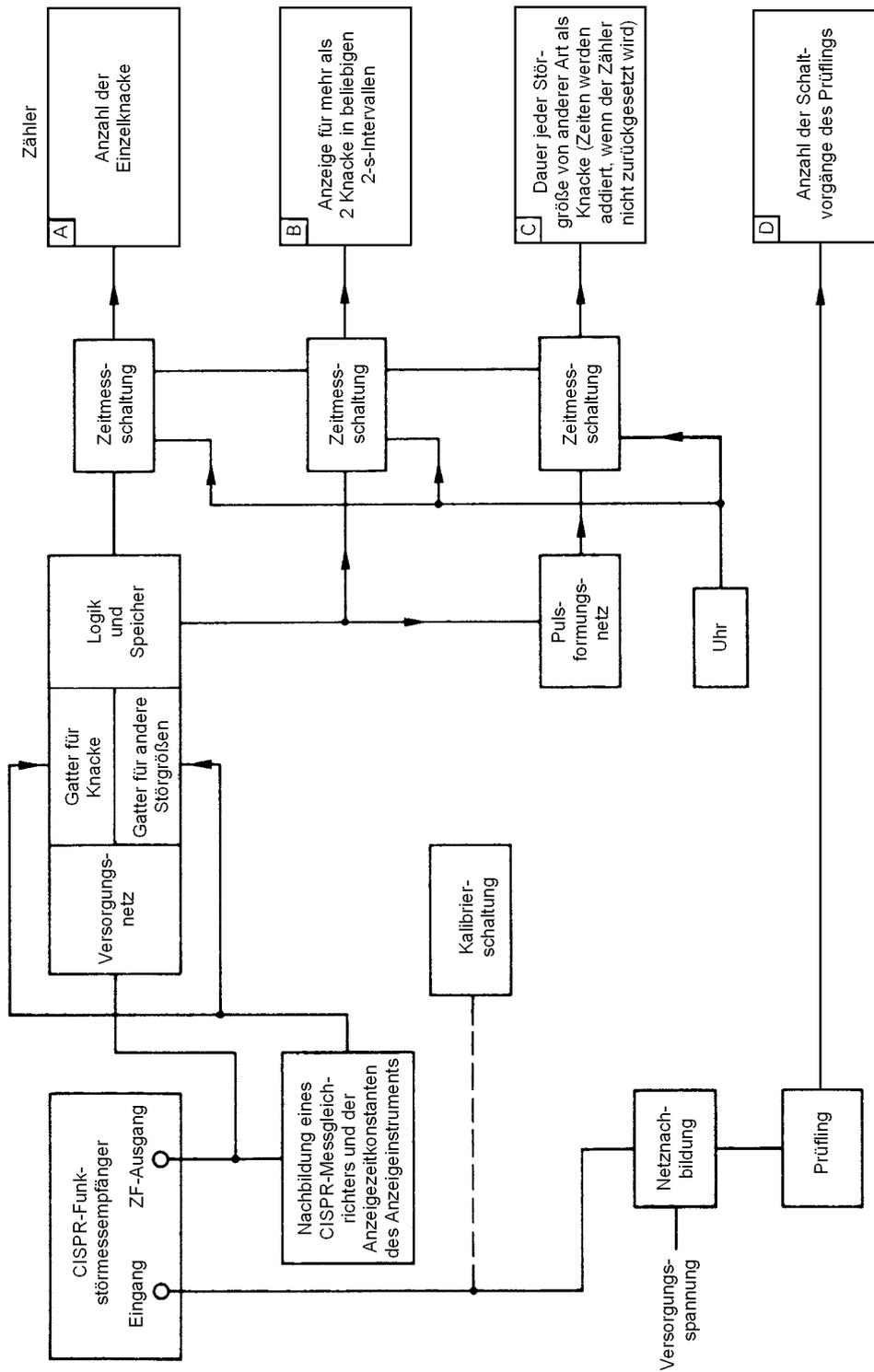


Bild 7 – Beispiel für einen Knackstöranalysator

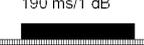
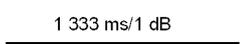
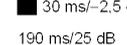
Prüfung Nr.	Prüfsignal	Analysator-Auswertungsergebnis
1	 0,11 ms/1 dB	1 Knack
2	 9,5 ms/1 dB	1 Knack
3	Hintergrundrauschen oder CISPR-Impulse, 200 Hz: -2,5 dB (Quasispitzenwert)  190 ms/1 dB	1 Knack
4	 1 333 ms/1 dB	Andere als Knacke
5	 210 ms/1 dB	Andere als Knacke
6	 30 ms/5 dB 180 ms 30 ms/5 dB	Andere als Knacke
7	 30 ms/5 dB 130 ms 30 ms/5 dB	1 Knack
8	 30 ms/5 dB 210 ms 30 ms/5 dB	1 Knack
9	 Mindestens 21 Impulse/0,11 ms/ Periodität 10 ms/1 dB	Andere als Knacke
10	 30 ms/25 dB 265 ms 30 ms/25 dB	1 Knack
11	 190 ms/25 dB Band B: 1 034 ms/Band C: in Beratung	2 Knacke
12	 190 ms/25 dB Band B: 1 166 ms/Band C: in Beratung  30 ms/-2,5 dB/2 dB 1F  30 ms/-2,5 dB/2 dB 1F	1 Knack

Bild 8 – Graphische Darstellung der Prüfsignale, die zur Prüfung des Knackstöranalysators im Rahmen der Funktionsprüfung auf Einhaltung der Definition eines Knackes entsprechend [Tabelle 14](#) verwendet werden

Tabelle 17 – Funktionsprüfung des Knackstöranalysators – Prüfsignale zur Prüfung auf Einhaltung der Definition eines Knackes

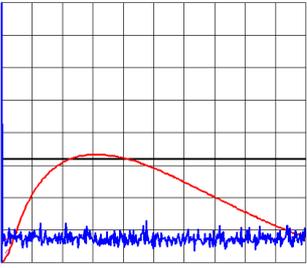
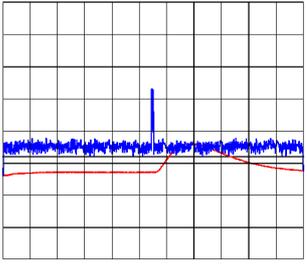
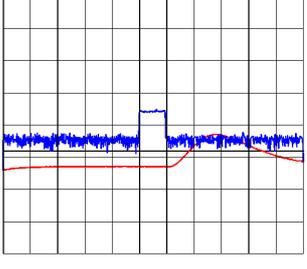
Nr. der Prüfung	Prüfsignalparameter					Auswertungsergebnis des Analysators	Graphische Darstellung des am ZF-Ausgang gemessenen Prüfsignals und des zugehörigen Quasispitzenwert-Signals, bezogen auf die Bezugsanzeige des Messempfängers
	1		2		3		
	QS-Amplitude von individuell eingestellten Impulsen, bezogen auf die Quasispitzenwert-Bezugs-Anzeige des Messempfängers		Dauer der am Zwischenfrequenz-Ausgang des Messempfängers eingestellten Impulse ^{f)}		Impulsabstand oder -rate (ZF-Ausgang)		
	dB		ms		ms		
Impuls 1	Impuls 2	Impuls 1	Impuls 2				
1	1		0,11			1 Knack	 <p style="text-align: right;">1 s</p>
2 ^{a)}	1		9,5			1 Knack	 <p style="text-align: right;">2,2 s</p>
3 ^{a)}	1		190			1 Knack	 <p style="text-align: right;">2,2 s</p>

Tabelle 17 (fortgesetzt)

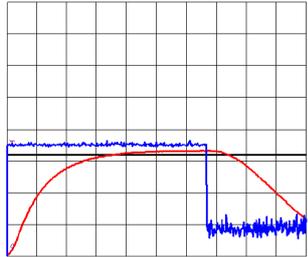
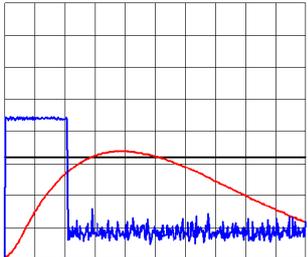
Nr. der Prüfung	Prüfsignalparameter						
	1		2		3	4	5
	QS-Amplitude von individuell eingestellten Impulsen, bezogen auf die Quasispitzenwert-Bezugs-Anzeige des Messempfängers		Dauer der am Zwischenfrequenz-Ausgang des Messempfängers eingestellten Impulse ^{f)}		Impulsabstand oder -rate (ZF-Ausgang)	Auswertungsergebnis des Analysators	Graphische Darstellung des am ZF-Ausgang gemessenen Prüfsignals und des zugehörigen Quasispitzenwert-Signals, bezogen auf die Bezugsanzeige des Messempfängers
	dB		ms		ms		
	Impuls 1	Impuls 2	Impuls 1	Impuls 2			
4	1		1 333 ^{b)}			Störgröße anderer Art als Knack	 <p style="text-align: right;">2 s</p>
5	1		210			Störgröße anderer Art als Knack (210 ms)	 <p style="text-align: right;">1 s</p>

Tabelle 17 (fortgesetzt)

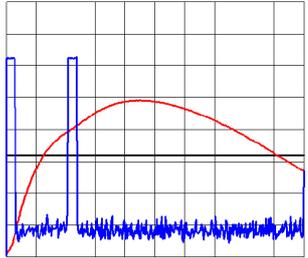
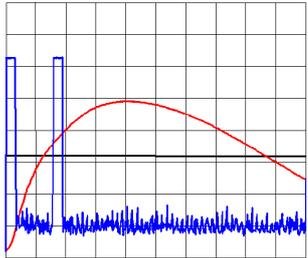
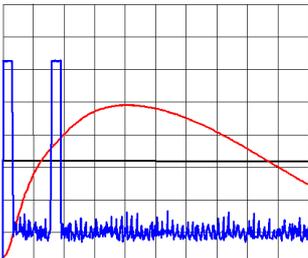
Nr. der Prüfung	Prüfsignalparameter					Auswertungsergebnis des Analysators	Graphische Darstellung des am ZF-Ausgang gemessenen Prüfsignals und des zugehörigen Quasispitzenwert-Signals, bezogen auf die Bezugsanzeige des Messempfängers		
	1		2		3			4	5
	Impuls 1	Impuls 2	Impuls 1	Impuls 2	ms			ms	ms
	QS-Amplitude von individuell eingestellten Impulsen, bezogen auf die Quasispitzenwert-Bezugs-Anzeige des Messempfängers		Dauer der am Zwischenfrequenz-Ausgang des Messempfängers eingestellten Impulse ^{f)}		Impulsabstand oder -rate (ZF-Ausgang)				
	dB		ms		ms				
6	5	5	30	30	180	Störgröße anderer Art als Knack (240 ms)	 <p style="text-align: right;">2,2 s</p>		
7	5	5	30	30	130	1 Knack	 <p style="text-align: right;">2,2 s</p>		
8	5	5	30	30	210	2 Knacke	 <p style="text-align: right;">2 s</p>		

Tabelle 17 (fortgesetzt)

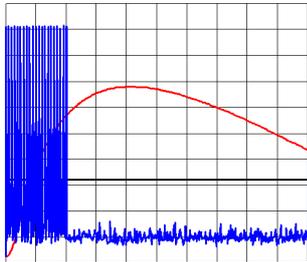
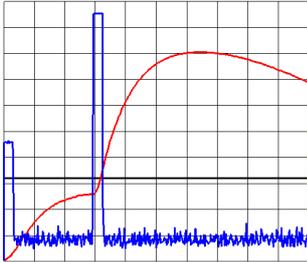
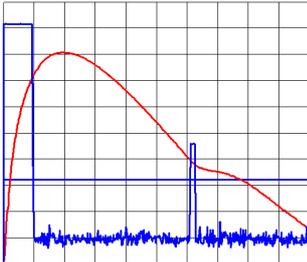
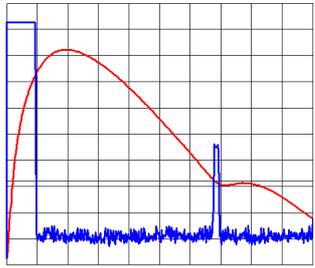
Nr. der Prüfung	Prüfsignalparameter					Auswertungsergebnis des Analysators	Graphische Darstellung des am ZF-Ausgang gemessenen Prüfsignals und des zugehörigen Quasispitzenwert-Signals, bezogen auf die Bezugsanzeige des Messempfängers
	1		2		3		
	QS-Amplitude von individuell eingestellten Impulsen, bezogen auf die Quasispitzenwert-Bezugs-Anzeige des Messempfängers		Dauer der am Zwischenfrequenz-Ausgang des Messempfängers eingestellten Impulse ^f		Impulsabstand oder -rate (ZF-Ausgang)		
	dB		ms		ms		
Impuls 1	Impuls 2	Impuls 1	Impuls 2				
9	1		0,11		Periode 10, mind. 21 Impulse	Störgröße anderer Art als Knack	 <p style="text-align: right;">1 s</p>
10	-2,5	25	30	30	265	1 Knack	 <p style="text-align: right;">2,2 s</p>
11	25	-2,5 ^{c)}	190	30	1 034 ^{e)}	2 Knacke ^{d)}	 <p style="text-align: right;">2,2 s</p>

Tabelle 17 (fortgesetzt)

Nr. der Prüfung	Prüfsignalparameter						
	1		2		3	4	5
	QS-Amplitude von individuell eingestellten Impulsen, bezogen auf die Quasispitzenwert-Bezugs-Anzeige des Messempfängers dB		Dauer der am Zwischenfrequenz-Ausgang des Messempfängers eingestellten Impulse ^f ms		Impulsabstand oder -rate (ZF-Ausgang) ms	Auswertungsergebnis des Analysators	Graphische Darstellung des am ZF-Ausgang gemessenen Prüfsignals und des zugehörigen Quasispitzenwert-Signals, bezogen auf die Bezugsanzeige des Messempfängers
	Impuls 1	Impuls 2	Impuls 1	Impuls 2			
12	25	-2,5 ^{c)}	190	30	1 166 ^{e)}	1 Knack	
<p>a) Die Prüfung ist mit einem Hintergrundstörmpegel durchzuführen, der aus 200-Hz-CISPR-Impulsen besteht, deren Pegel 2,5 dB unterhalb des Quasispitzen-Schwellenwerts liegen. Diese Impulse sollten mindestens 1 s vor dem Prüfimpuls anwesend sein und bis mindestens 1 s nach dem Prüfimpuls andauern.</p> <p>Beobachtungen</p> <p>1) Die graphische Wiedergabe wird mit Hilfe von Spitzenwertmessungen mit einer sehr kurzen Verweilzeit (< 1 ms) des Messempfängers, der die 200-Hz-Impulse anzeigt, durchgeführt. Wenn das pulsmodierte Sinussignal eintrifft, ist der 200-Hz-Impuls (wie er in der Kurve für Prüfung Nr. 3 zu sehen ist) nicht mehr sichtbar, jedoch während des Knack-Ereignisses weiterhin anwesend.</p> <p>2) Die sehr schmale Linie im Ursprung der Kurve des Prüfimpulses 1 resultiert aus einer „Firmware-Unvollkommenheit“.</p> <p>b) Die 1,333-s-Impulse prüfen die Schwelle des Analysators für Impulse, die nur 1 dB oberhalb des Quasispitzen-Schwellenwerts liegen.</p> <p>c) Diese niedrigeren Pegel müssen so sein, dass der Zwischenfrequenz-Schwellenwert überschritten wird, jedoch der Quasispitzen-Schwellenwert nicht überschritten wird.</p> <p>d) Wenn diese beiden Impulse als voneinander unabhängige Störgrößen gemessen werden, würde nur ein Knack registriert werden.</p> <p>e) Die entsprechenden Werte für den Frequenzbereich oberhalb 30 MHz sind in Beratung und werden nach weiteren Untersuchungen überarbeitet.</p> <p>f) Die Anstiegszeiten der Impulse dürfen nicht länger als 40 µs sein.</p>							

9.3 Prüfverfahren für die Funktionsprüfung des Knackstöranalysators

9.3.1 Grundlegende Anforderungen

Der Knackstöranalysator wird mit dem Messempfänger mit Quasispitzenwertdetektor verbunden und auf eine passende Frequenz abgestimmt.

Ein unmoduliertes Sinussignal und ein pulsmoduliertes Sinussignal, die beide auf die Frequenz eingestellt sind, auf die der Empfänger abgestimmt ist, werden benötigt. Für die Prüfungen Nr. 2 und Nr. 3 wird außerdem ein Signal benötigt, das durch den im [Anhang B](#) festgelegten CISPR-Pulsgenerator erzeugt wird, eine Pulsfrequenz von 200 Hz hat und die Bandbreite des Empfängers bei der abgestimmten Frequenz überdeckt.

Die Quelle des pulsmodulierten Sinussignals muss zwei unabhängig veränderbare Impulse liefern. Die Anstiegszeiten der Impulse dürfen nicht länger als 40 μs sein. Die Impulsbreiten müssen zwischen 110 μs und 1,3 s und die Amplituden über einen Bereich von 44 dB veränderbar sein. Jegliche Hintergrund-Störpegel des Generators für das pulsmodulierte Sinussignal müssen mindestens 20 dB unterhalb des Bezugspegels liegen, der, beim Schritt a) der Prüfung benutzt, am Quasispitzenwertdetektor des Messempfängers gemessen wird.

Das Prüfverfahren ist wie folgt:

- a) Das unmodulierte Sinussignal wird an den in Verbindung mit dem Knackstöranalysator benutzten Eingang des Messempfängers angelegt. Die Amplitude des unmodulierten Sinus-Dauersignals wird so eingestellt, dass die Anzeige auf den Bezugspunkt (Null) der Skala des Anzeigeinstruments des Messempfängers gebracht wird, gleich einem Wert, der dem Quasispitzenwert-Grenzwert für Dauer-Störgrößen entspricht. Die HF-Eingangsempfindlichkeit des Messempfängers (Dämpfung) wird auf einen Pegel oberhalb des Empfängerrauschens, aber unterhalb des als Schwelle im ZF-Kanal benutzten Grenzwerts für Dauer-Störgrößen eingestellt. Der entsprechende Pegel des unmodulierten Sinussignals am ZF-Ausgang des Empfängers bildet den ZF-Bezugspegel.
- b) Das pulsmodulierte Sinussignal wird an den Eingang des Messempfängers angelegt. Für die Prüfungen Nr. 2 und Nr. 3 wird das Signal des CISPR-Pulsgenerators zu dem pulsmodulierten Sinussignal hinzugefügt. Die Parameter des Signals sind in [Tabelle 17](#) angegeben. Die in der Spalte 1 der [Tabelle 17](#) gezeigten Amplituden der Impulse werden einzeln in Bezug zur Anzeige des als Schwelle im ZF-Kanal benutzten (Quasispitzenwert-)Grenzwerts für Dauer-Störgrößen eingestellt. Die Pegel müssen auf die entsprechenden, im vorhergehenden Absatz festgelegten HF- und ZF-Bezugspegel bezogen werden.

9.3.2 Zusätzliche Anforderungen

Das Prüfverfahren ist gleich dem in 9.3.1 a) beschriebenen. Die Parameter des Signals sind in [Tabelle F.1](#) angegeben.

Anhang A (normativ)

Bestimmung der Pulsbewertung von Messempfängern mit Quasispitzenwert- und Effektivwert-Mittelwert-Detektor (3.6, 4.4.2, 7.3.2 und 7.5.1)

A.1 Allgemeines

Dieser Anhang enthält die Daten für die numerische Berechnung und das Verfahren für die Bestimmung der Pulsbewertungskurve. Die dem Verfahren zugrunde liegenden Annahmen werden ebenfalls genannt. Die Berechnung wird in drei aufeinanderfolgende Schritte unterteilt.

ANMERKUNG Der auf den Effektivwertdetektor bezogene Text dieses Anhangs gilt für den Effektivwertdetektor in der Theorie und gilt für den Effektivwert-Mittelwert-Detektor oberhalb der in [Abschnitt 7](#) festgelegten Eckfrequenz f_c .

A.2 Impulsantwort der Stufen vor dem Detektor

Die Impulsantwort dieser Stufen wird im Allgemeinen lediglich durch diejenigen ZF-Verstärkerstufen bestimmt, die die Gesamtselektivität des Empfängers festlegen.

Es ist allgemeine Praxis anzunehmen, dass diese Selektivität durch die Anordnung von zwei kritisch gekoppelten, abgestimmten Übertragern, die so hintereinander geschaltet sind, dass sie den gewünschten Durchlassbereich an den -6 -dB-Punkten erzeugen, erreicht werden kann. Zum Zwecke der Berechnung kann jede andere gleichwertige Anordnung auf die vorstehende zurückgeführt werden. Die praktische Symmetrie dieses Durchlassbereichs erlaubt die Verwendung eines gleichwertigen Tiefpassfilters für die Berechnung der Einhüllenden der Impulsantwort. Der aus dieser Näherung resultierende Fehler ist vernachlässigbar.

Die Einhüllende der Impulsantwort wird beschrieben durch:

$$A(t) = 4 \omega_0 G e^{-\omega_0 t} (\sin \omega_0 t - \omega_0 t \cos \omega_0 t) \quad (\text{A.1a})$$

Dabei ist

G die Gesamtverstärkung bei der abgestimmten Frequenz;

ω_0 die Kreisfrequenz mit dem Wert $(\pi/\sqrt{2}) B_6$.

Die Einhüllende der Antwort zweier kritisch gekoppelter, abgestimmter Übertrager auf einen Impuls der Fläche $\nu \tau$ ist aus der vorhergehenden Gleichung:

$$A(t) = (\nu \tau) 4 \omega_0 G e^{-\omega_0 t} (\sin \omega_0 t - \omega_0 t \cos \omega_0 t) \quad (\text{A.1b})$$

Die entsprechende Selektionskurve des äquivalenten Tiefpassfilters kann für $\tau \ll 1/\omega_0$ geschrieben werden als:

$$F(f) = G \times \frac{2 \omega_0^2}{\left[(\omega_0 + j\omega)^2 + \omega_0^2 \right]^2} \quad (\text{A.2})$$

Dabei ist

$\omega = 2 \pi f$.

Die Bandbreiten B_3 und B_6 werden zu:

$$B_3 = \frac{\left[\sqrt{2} \times \sqrt[4]{(\sqrt{2}-1)} \right] \omega_0}{\pi} = 0,361 \omega_0 \quad (\text{A.3a})$$

$$B_6 = \frac{\sqrt{2} \times \omega_0}{\pi} = 0,450 \omega_0 \quad (\text{A.3b})$$

Die effektive Bandbreite eines Empfängers mit einem idealisierten Rechteckfilter, das den gleichen Effektivwert der Impulsantwort wie ein tatsächlicher Empfänger ergibt, ist gleich der Leistungsbandbreite Δf , die definiert ist als:

$$\Delta f = \left(\frac{1}{F_0^2} \right)^{+\infty}_{-\infty} \int F^2(f) df \quad (\text{A.4})$$

Dabei ist

$F(f)$ die Selektionskurve;

F_0 der Höchstwert von $F(f)$ (unter der Annahme einer Selektionskurve mit nur einer Spitze).

Dann ist die Leistungsbandbreite für $F_0 = 1$:

$$\Delta f = \int_{-\infty}^{+\infty} F^2(f) df \quad (\text{A.5})$$

Mit $F(f)$ aus Gleichung (A.2) und $G = 1$ ergibt sich:

$$\Delta f = 2 \int_0^{\infty} 2 \left[\frac{2 \omega_0^2}{\left[(\omega_0 + j\omega)^2 + \omega_0^2 \right]} \right]^4 df \quad (\text{A.6})$$

Daraus folgt:

$$\Delta f = 0,265 \sqrt{2} \times \omega_0 = 0,375 \omega_0 \quad (\text{A.7})$$

Somit:

$$B_3 = 0,963 \Delta f \quad (\text{A.8})$$

A.3 Impulsantwort des Quasispitzenwert-Detektors auf das Ausgangssignal der vorhergehenden Stufen

A.3.1 Allgemeines

Die Berechnung wird unter der Annahme durchgeführt, dass durch die Verbindung der Schaltkreise des Detektors mit dem Ausgang der letzten ZF-Verstärkerstufen weder die Amplitude noch die Form des Ausgangssignals beeinflusst wird. Mit anderen Worten: Die Ausgangsimpedanz dieser Stufe wird gegenüber der Eingangsimpedanz des Detektors als vernachlässigbar angesehen.

Jeder Detektor kann (tatsächlich oder durch eine gleichwertige Ersatzschaltung) auf ein nichtlineares Bauelement (z. B. eine Diode) in Verbindung mit einem Widerstand (Gesamtdurchlasswiderstand S) und einer anschließenden Parallelschaltung aus einer Kapazität C und einem Entladewiderstand R reduziert werden.

Die elektrische Ladezeitkonstante T_C steht mit dem Produkt $S \times C$ in Beziehung, während die elektrische Entladezeitkonstante T_D durch das Produkt $R \times C$ gegeben wird.

Die Beziehung zwischen T_C und dem Produkt $S \times C$ ergibt sich durch das Erreichen einer Spannungsanzeige vom 0,63fachen des endgültigen eingeschwungenen Wertes in einer Zeit $t = T_C$, wenn ein HF-Signal mit konstanter Amplitude plötzlich angelegt wird.

Die Spannung U über der Kapazität steht mit der Amplitude A des HF-Signals, das an den Detektor angelegt wird, über folgende Gleichung in Beziehung:

$$\frac{dU}{dt} + \frac{U}{R \times C} = A \frac{(\sin \theta - \theta \cos \theta)}{\pi \times S \times C} \quad (\text{A.9})$$

Dabei ist θ der Stromflusswinkel ($U = A \cos \theta$).

Diese Gleichung kann nicht direkt integriert werden. Ein Wert für das Produkt $S \times C$, das bei den gewählten Zeitkonstanten die vorstehenden Bedingungen erfüllt, wird durch Näherungsverfahren gefunden, z. B.:

Im Band A:	$T_C = 45 \text{ ms}$
	$T_D = 500 \text{ ms}$
	$2,81 SC = 1 \text{ ms}$
Im Band B:	$T_C = 1 \text{ ms}$
	$T_D = 160 \text{ ms}$
	$3,95 SC = 1 \text{ ms}$
In den Bändern C und D:	$T_C = 1 \text{ ms}$
	$T_D = 550 \text{ ms}$
	$4,07 SC = 1 \text{ ms}$

Durch Einsetzen des so gefundenen Werts in die Gleichung (A.9) kann diese entweder für einen Einzelimpuls oder für einen Puls bestimmter (Puls-)Frequenz (wiederum nach einem Näherungsverfahren) gelöst werden, indem anstelle einer konstanten Amplitude A die durch Gleichung (A.1) gegebene Funktion $A(t)$ eingeführt wird.

Dieser Fall eines Pulses bestimmter Frequenz kann praktisch nur gelöst werden, indem willkürlich ein Wert für die Ausgangsspannung des Detektors bei Beginn jedes Impulses angenommen, die durch diesen Impuls hervorgerufene Erhöhung der Spannung, ΔU , bestimmt und dann der Abstand gefunden wird, der zwischen zwei aufeinanderfolgenden Impulsen vorhanden sein muss, um die angenommenen Anfangsbedingungen wieder zu erreichen.

A.3.2 Impulsantwort des Anzeigeinstrumentes auf das Ausgangssignal des Detektors

Die einzige vereinfachende, aber völlig berechnete Annahme ist, dass die Anstiegsflanke der Ausgangsspannung des Detektors ein augenblickliches Ereignis darstellt.

Dann muss die folgende charakteristische Gleichung gelöst werden:

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} + \frac{2}{T_M} \frac{d\alpha}{dt} + \frac{1}{T_M^2} \alpha = \left(\frac{1}{T_M^2} \right)^{\frac{-t}{T_D}} \quad (\text{A.10})$$

Dabei ist

$\alpha(t)$ der Ausschlag des Instruments;

T_D die elektrische Entladezeitkonstante des Quasispitzenwert-Spannungsmessgeräts;

T_M die mechanische Zeitkonstante des kritisch gedämpften Anzeigeinstruments.

Die Lösung des Problems ist für die beiden Extremfälle der Bewertungskurve verhältnismäßig einfach. Auf der einen Seite beginnt für zeitlich genügend getrennte Impulse der Zeigerausschlag bei null und ist daher bekannt, und auf der anderen Seite wird bei Impulsen mit einer ausreichend hohen Impulsfrequenz verhindert, dass der Zeiger wegen der Trägheit des Anzeigeinstruments der Schwankung der Anzeige folgen kann. Für die dazwischenliegenden Fälle wird die Berechnung komplizierter. Bei Beginn jedes Impulses schwankt die Anzeige und es ist notwendig, eine Lösung zu finden, die die Ausgangslage und -geschwindigkeit berücksichtigt.

A.4 Impulsantwort des Effektivwertdetektors auf das Ausgangssignal der vorhergehenden Stufen

A.4.1 Ausgangsspannung und Amplitudenbeziehung

Die Ausgangsspannung des Effektivwertdetektors ist per Definition gegeben durch:

$$U_{\text{eff}} = \left[n \int_0^{+\infty} \frac{A^2(t)}{2} dt \right]^{1/2} \quad (\text{A.11})$$

Dabei ist

n die Pulsfrequenz in Hz.

Die Ausgangsspannung kann auch aus der Durchlasskurve abgeleitet werden:

$$U_{\text{eff}} = \left[n \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{2\nu\tau \times F^2(f)}{2} df \right]^{1/2} \quad (\text{A.12})$$

Dabei ist

$\nu\tau$ die Fläche des Impulses mit ebenem Frequenzspektrum.

Dies ergibt:

$$U_{\text{eff}} = \sqrt{2} \times \nu\tau \times \sqrt{n} \left[\int_{-\infty}^{+\infty} F^2(f) df \right]^{1/2} \quad (\text{A.13})$$

und mit Gleichung (A.5) ergibt dies:

$$U_{\text{eff}} = \sqrt{2} \times \nu\tau \times \sqrt{n} \sqrt{\Delta f} \quad (\text{A.14})$$

Aus der Gleichung (A.14) kann die Amplitudenbeziehung abgeleitet werden, indem:

$$U_{\text{eff}} = 2 \text{ mV und } n = 100 \text{ Hz}$$

gesetzt wird und damit

$$\nu\tau = \frac{100 \sqrt{2}}{\sqrt{\Delta f}} \mu\text{Vs} \quad (\text{A.15})$$

oder mit Gleichung (A.8):

$$\nu\tau = \frac{139}{\sqrt{B_3}} \mu\text{Vs} \quad (\text{A.16})$$

A.4.2 Berechnung des Übersteuerungsfaktors

Der einer Pulsfrequenz von n Hz entsprechende Übersteuerungsfaktor wird wie folgt berechnet:

Aus Gleichung (A.14):

$$U_{\text{eff}} = (\nu\tau) \times (2n \Delta f)^{1/2}$$

Aus Gleichung (A.1) und für $G = 1$:

$$A(t)_{\text{spitze}} = 0,944 \times \nu\tau \times \omega_0$$

Damit beträgt der Übersteuerungsfaktor:

$$\frac{A(t)_{\text{spitze}}}{\sqrt{2} \times U_{\text{eff}}} = 1,28 \left(\frac{B_3}{n} \right)^{1/2} \quad (\text{A.17})$$

A.5 Beziehung zwischen den Anzeigen eines Messempfängers mit Effektivwert- und mit Quasispitzenwertdetektor

Die Amplitudenbeziehung für den Messempfänger mit Effektivwertdetektor, die den Wert des Impulses $(\nu\tau)_{\text{eff}}$ bei 100 Hz festlegt, der einem Sinussignal von 2 mV entspricht, ist nach Gleichung (A.16):

$$(\nu\tau)_{\text{eff}} = \frac{139}{\sqrt{B_3}} \mu\text{Vs}$$

Für die Selektionseigenschaften nach Gleichung (A.2) entspricht dies:

$$(\nu\tau)_{\text{eff}} = \frac{155}{\sqrt{B_6}} \mu\text{Vs}$$

wenn auf die 6-dB-Bandbreite Bezug genommen wird.

Für den Messempfänger mit Quasispitzenwertdetektor ist der Wert des Impulses $(\nu\tau)_{\text{qsp}}$, der einem Sinussignal von 2 mV entspricht:

im Frequenzbereich 0,15 MHz bis 30 MHz:

$$(\nu\tau)_{\text{qsp}} = 0,316 \mu\text{Vs}$$

im Frequenzbereich 30 MHz bis 1 000 MHz:

$$(\nu\tau)_{\text{qsp}} = 0,044 \mu\text{Vs}$$

DIN EN 55016-1-1 (VDE 0876-16-1-1):2010-09
EN 55016-1-1:2010

Somit bestehen für Messempfänger mit einer Selektionskurve entsprechend Gleichung (A.2) und einer 6-dB-Bandbreite, die den in den [Abschnitten 4, 5, 6](#) und [7](#) beschriebenen Nennbandbreiten entspricht, die folgenden Beziehungen für $(\nu\tau)_{\text{eff}} / (\nu\tau)_{\text{qsp}}$:^{N2)}

im Frequenzbereich 0,15 MHz bis 30 MHz:

$$\frac{(\nu\tau)_{\text{eff}}}{(\nu\tau)_{\text{qsp}}} = 14,3 \text{ dB}$$

im Frequenzbereich 30 MHz bis 1 000 MHz:

$$\frac{(\nu\tau)_{\text{eff}}}{(\nu\tau)_{\text{qsp}}} = 20,1 \text{ dB}$$

Diese Amplitudenbeziehungen gelten für eine Pulsfrequenz von 100 Hz. Bei anderen Pulsfrequenzen ist es notwendig, die zugehörigen Pulsbewertungskurven zu verwenden.

^{N2)} Nationale Fußnote: Im Frequenzbereich 9 kHz bis 150 kHz (bei $f_p = 25$ Hz): $(\nu\tau)_{\text{qsp}} = 13,5$ dB,
 $(\nu\tau)_{\text{eff}} / (\nu\tau)_{\text{qsp}} = 4,2$ dB.

Anhang B (normativ)

Bestimmung des Spektrums eines Pulsgenerators (4.3, 5.5, 6.5 und 7.5)

B.1 Pulsgenerator

B.1.1 Allgemeines

Zur Prüfung der Übereinstimmung mit den Anforderungen nach Abschnitt 1 dieser Norm wird ein Puls-generator benötigt. Die Übereinstimmung mit den Anforderungen nach 4.3, 4.5, 5.5, 6.5 und 7.5 kann mit Hilfe des Pulsgenerator-Verfahrens geprüft werden.

Der Generator muss in jedem Frequenzband des zu prüfenden Messempfängers in der Lage sein, Impulse mit der Impulsfläche und Pulsfrequenz zu erzeugen, die in Tabelle B.1 spezifiziert sind. Die Impulsfläche sollte auf $\pm 0,5$ dB und die Pulsfrequenz auf ungefähr 1 % bekannt sein.

Tabelle B.1 – Eigenschaften des Pulsgenerators

Frequenzbereich des zu prüfenden Messempfängers MHz	Impulsfläche μ Vs	Pulsfrequenz Hz
0,09 bis 0,15	13,5	1, 2, 5, 10, 25, 60, 100
0,15 bis 30	0,316	1, 2, 10, 20, 100, 1 000
30 bis 300	0,044	1, 2, 10, 20, 100, 1 000
300 bis 1 000	siehe Anmerkung	1, 2, 10, 20, 100, 1 000

ANMERKUNG Der Generator sollte in der Lage sein, Impulse mit der geforderten Impulsfläche mit einem bis 1 000 MHz möglichst ebenem Spektrum zu erzeugen.
--

B.1.2 Das Spektrum der erzeugten Impulse

Das Spektrum ist durch eine Kurve definiert, die die Änderung der äquivalenten Spannung am Eingang eines Messgeräts, das eine konstante Bandbreite besitzt, als Funktion der am zu prüfenden Messempfänger eingestellten Frequenz darstellt.

Das Spektrum sollte bis zur oberen Grenzfrequenz des Frequenzbandes des zu prüfenden Empfängers praktisch konstant sein. Das Spektrum kann als ausreichend konstant angesehen werden, wenn die Änderung der Amplitude innerhalb dieses Bandes nicht größer als 2 dB ist, bezogen auf den Wert am unteren Ende des Frequenzbandes. Die Impulsfläche muss bei der Messfrequenz auf $\pm 0,5$ dB bekannt sein.

Zur Prüfung der Übereinstimmung mit den Anforderungen nach 4.6 muss das Spektrum oberhalb der oberen Grenzfrequenz des Frequenzbandes begrenzt sein (Abfall um 10 dB bei der zweifachen oberen Grenzfrequenz). Dies ist notwendig, um die Schärfe der Prüfung zu vereinheitlichen, da die Intermodulationsprodukte aller Anteile des Spektrums zum Verhalten beitragen.

B.2 Allgemeines Messverfahren

Verfahren zur genauen Ermittlung des Absolutwerts der Amplitude des Pulsspektrums sind im [Anhang C](#) angegeben.

Zur Messung des Frequenzgangs des Spektrums kann folgendes Verfahren verwendet werden.

Der Pulsgenerator wird mit dem Eingang eines HF-Messempfängers verbunden, an den ein Oszilloskop so angeschlossen ist, dass der HF-Impuls am ZF-Ausgang des Messempfängers angezeigt wird.

Bei jeder am Messempfänger eingestellten Frequenz werden gemessen:

- a) die Bandbreite B_6 des Messempfängers in Hz an den -6 -dB-Punkten;
- b) der Effektivwert E_0 am Ausgang eines auf die Mittenfrequenz des Messempfängers eingestellten Standard-Signalgenerators (Sinusgenerators) mit gleicher Impedanz wie beim Pulsgenerator, der am Oszilloskop eine Anzeige gleich der Spitze des HF-Impulses hervorruft.

Die relative Amplitude des Spektrums ergibt sich bei jeder Frequenz aus:

$$S_r(f) = \frac{E_0}{B_6}$$

Die Messung wird bei verschiedenen Prüffrequenzen des betrachteten Bandes wiederholt.

Das Spektrum des Pulsgenerators ist durch die Kurve $S_r(f)$ über die Messfrequenz gegeben.

Der verwendete Empfänger sollte sich für die Spitzenwerte des verwendeten Signals linear verhalten.

Die Nebenempfangs-Störfestigkeit, besonders bei der Spiegel- und Zwischenfrequenz, sollte mindestens 40 dB betragen.

Die Messung kann mit einem den vorstehenden Festlegungen entsprechenden Empfänger durchgeführt werden, bei dem anstelle des Oszilloskops eine Quasispitzenwertanzeige verwendet wird, vorausgesetzt, die Pulsfrequenz wird während der durchzuführenden Messreihen konstant gehalten.^{N3)}

^{N3)} Nationale Fußnote: Bei Verwendung eines Messempfängers mit Spitzenwertdetektor nach der vorliegenden Norm muss die Pulsfrequenz nicht konstant gehalten werden. Es wird empfohlen, den Frequenzgang des verwendeten Messempfängers zu kalibrieren.

Anhang C (normativ)

Genauere Messungen der Ausgangsgröße von Nanosekunden-Pulsgeneratoren (4.4, 5.5, 6.5 und 7.5)

C.1 Messung der Impulsfläche (A_{imp})

C.1.1 Allgemeines

Theoretische und praktische Untersuchungen haben gezeigt, dass bei sorgfältiger Anwendung die in C.1.2 bis C.1.5 beschriebenen Messverfahren genaue Ergebnisse liefern.

C.1.2 Flächen-Verfahren

Die zu messenden Impulse werden in ein Schmalbandfilter eingespeist, dessen Durchlassbereich um die Mittenfrequenz f zentriert ist, eine symmetrische Selektionskurve und einen asymmetrischen Phasengang hat (in Verbindung mit dem Filter kann ein Verstärker verwendet werden, vorausgesetzt, er arbeitet in seinem linearen Bereich).

Die Gesamtfläche unter der Einhüllenden der Spannung am Ausgang des Filters, $A(t, f)$, wird (unter Berücksichtigung des Vorzeichens ihrer verschiedenen Teile) gemessen, so dass das Integral in der nachfolgenden Gleichung gelöst wird:

$$2 A_{\text{imp}} = S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} A(t, f) dt \quad (\text{C.1})$$

Dabei ist

$S(f)$ die spektrale Spannungsdichte;

$A(t, f)$ die Größe der Einhüllenden bei einem Einzelimpuls (ausgedrückt in Form der äquivalenten Sinusspannung am Eingang des Filters).

In Anwendung dieser Gleichung wird der Zwischenfrequenzverstärker eines Niederfrequenz-Empfängers oder eines Störmessempfängers zusammen mit einer Reihe von Frequenzumsetzern verwendet, um über das Spektrum des Impulses abzustimmen. Das Ausgangssignal des letzten Zwischenfrequenzverstärkers wird unmittelbar einem Oszilloskop zugeführt, um die Fläche zu messen.

In Abwandlung dieses Verfahrens kann für Impulse mit einer Dauer, die sehr viel kleiner als die Periode der Frequenz f ist, die Impulsfläche mit Hilfe eines geeigneten Oszilloskops (z. B. wird für Nanosekunden-Impulse ein Sampling-Oszilloskop benötigt) direkt als integrierte Fläche gemessen werden, wobei die Integration das Vorzeichen der verschiedenen Flächenanteile berücksichtigt.

C.1.3 Verfahren mit leerlaufender Koaxialleitung

Eine Übertragungsleitung mit einer Länge, die der Laufzeit τ entspricht, wird über einen Schalter auf die Spannung U_0 aufgeladen und danach an einen Lastwiderstand, der gleich dem Wellenwiderstand der Leitung ist, (angeschlossen und) entladen. Die Übertragungsleitung besteht dabei aus der eigentlichen Leitung und dem aufgeladenen Leitungsabschnitt im Schaltergehäuse. Es wurde festgestellt, dass die Amplitudendichte des Spektrums, $S_{\tau}(f)$, den Wert $2v\tau$ im niederfrequenten Teil des Spektrums des resultierenden Impulses hat, in dem die Amplitude über der Frequenz konstant ist, wobei diese Amplitude vom Vorhandensein eventueller Streuimpedanzen zwischen der Leitung und dem Lastwiderstand (z. B. Induktivität oder ohmscher Widerstand) sowie von der endlichen Schaltzeit unabhängig ist.

C.1.4 Messung der Oberschwingungen

Dieses Verfahren kann bei Pulsgeneratoren, die eine Folge von Impulsen mit genügend hoher und stabiler Folgefrequenz erzeugen, verwendet werden.

Wenn die Pulsfrequenz F größer als die Bandbreite des Messempfängers ist, kann Letzterer eine einzelne Linie des Pulsspektrums messen. In diesem Fall kann die Impulsfläche wie folgt bestimmt werden:

$$A_{\text{imp}} = \frac{U_k}{2 F} = \frac{U\sqrt{2}}{2 F} \quad (\text{C.2})$$

Dabei ist $U_k = U\sqrt{2}$ der Spitzenwert der k -ten Oberschwingung.

Der Pulsgenerator kann dann dazu verwendet werden, das Impulsverhalten eines Messempfängers zu kalibrieren, dessen Bandbreite groß genug ist, um mehrere Oberschwingungen zu erfassen (ungefähr 10 oder mehr innerhalb der 6-dB-Bandbreite).

C.1.5 Energie-Verfahren

Ein anderes Verfahren vergleicht thermisch die an einem Widerstand abgegebene mit der durch den Pulsgenerator erzeugten Leistung. Die mit diesem Verfahren erreichbare Genauigkeit ist jedoch etwas geringer als bei den drei anderen vorstehend erwähnten Verfahren. Dieses Verfahren kann bei Frequenzen in der Größenordnung von 1 000 MHz nützlich sein.

C.2 Pulsgenerator-Spektrum

C.2.1 Zur Prüfung der Übereinstimmung mit den Anforderungen nach 4.4.1, 5.5, 6.5.2 und 7.5.2 muss die Impulsfläche mit einem Fehler von höchstens $\pm 0,5$ dB bekannt sein.

C.2.2 Die Pulsfrequenz muss mit einem Fehler von höchstens 1 % bekannt sein.

C.2.3 Zur Prüfung der Übereinstimmung mit den Anforderungen nach 4.4.2, 5.5, 6.5.4 und 7.5.3 darf die Impulsfläche nicht von der Pulsfrequenz abhängen.

C.2.4 Zur Prüfung der Übereinstimmung mit den Anforderungen nach 4.4, 5.5, 6.5 und 7.5 sollte das Frequenzspektrum des Generators im Durchlassbereich des Messempfängers gleichförmig sein. Diese Anforderung wird in den folgenden Fällen als erfüllt angesehen:

- a) wenn die Änderung des Frequenzspektrums über der Frequenz im Durchlassbereich des Empfängers praktisch eben ist und die Schwankungen des Spektrums zwischen den -6 -dB-Punkten im Durchlassbereich des Empfängers nicht größer als $\pm 0,5$ dB sind;
- b) wenn das Frequenzspektrum an beiden Seiten von der am Empfänger eingestellten Frequenz langsam abfällt und wenn die Breite des Spektrums an den -6 -dB-Punkten mindestens fünfmal größer ist als der Durchlassbereich des Empfängers bei diesem Pegel.

In beiden Fällen wird angenommen, dass die Impulsfläche gleich ihrem Wert bei der eingestellten Frequenz ist.

Anhang D (normativ)

Einfluss der Eigenschaften von Messempfängern mit Quasispitzenwertdetektor auf ihre Pulsbewertungskurve (4.4.2)

Der Pegel der Pulsbewertungskurve für hohe Pulsfrequenzen hängt im Wesentlichen von der Größe der Bandbreite ab. Andererseits spielen bei niedrigen Pulswiederhol frequenzen die Zeitkonstanten die wichtigere Rolle. Für diese Zeitkonstanten wurden keine Grenzabweichungen festgelegt, aber als Leitlinie kann ein Wert von 20 % als vernünftig angesehen werden.

Bei sehr niedrigen Pulsfrequenzen macht sich ein nicht ausreichender Übersteuerungsfaktor am stärksten bemerkbar. Die für den Übersteuerungsfaktor erforderlichen Werte sind diejenigen, die zur genauen Messung eines Einzelimpulses bei Verwendung der vorgeschriebenen Werte der Bandbreite und der Zeitkonstanten benötigt werden.

Die Untersuchung der Pulsbewertungskurve an beiden Enden des Anzeigebereichs des Anzeigeinstruments ermöglicht die Prüfung eines möglichen nichtlinearen Verhaltens des Gleichrichters. Hierbei liegen die kritischsten Pulsfrequenzen wahrscheinlich in der Nachbarschaft von 20 Hz bis 100 Hz.

Anhang E (normativ)

Impulsverhalten von Mittelwert- und Spitzenwert-Messempfängern (6.3.1)

E.1 Impulsverhalten der Stufen vor dem Gleichrichter

Es wurde gezeigt [13], [14], dass die Fläche unter der Einhüllenden der Pulsbewertungskurve eines Schmalbandfilters mit symmetrischer Frequenzcharakteristik von der Bandbreite unabhängig ist und gegeben ist durch:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} A(t) dt = 2 \nu \tau G_0 \quad (\text{E.1})$$

Dabei sind ν und τ die Amplitude und die Dauer eines Rechteckimpulses, für den $B_{\text{imp}} \tau \ll 1$ ist, und G_0 ist die Verstärkung der Schaltung bei der Mittenfrequenz.

Dieses Theorem ist nur im Fall einer Einhüllenden ohne Überschwinger gültig. Einhüllende mit Überschwinger sind für doppelt abgestimmte Kreise (überkritische Kopplung) charakteristisch, und es kann notwendig sein – wenn kein phasenempfindlicher Gleichrichter verwendet wird –, den durch das Überschwingen hervorgerufenen Fehler durch eine Kalibrierung zu kompensieren. Im Fall kritischer Kopplung beträgt die zweite Spitze der Einhüllenden etwa 8,3 % der ersten.

ANMERKUNG Das Impulsverhalten der Stufen vor dem Gleichrichter, wie es in A.2 definiert wurde, ist oszillierend. Daher muss der durch das schwingende Verhalten hervorgerufene Kalibrierungsfehler durch eine nicht zentrierte Grenzabweichung von + 2,5 dB bis – 0,5 dB in 6.5.2 kompensiert werden.

Solange sich die Impulse am Ausgang des ZF-Verstärkers nicht überlappen, ist der Mittelwert proportional zur Pulsrate n .

Daher ist der Mittelwert der Spannung gleich $2\nu\tau G_0 n$.

Aus Sicht von Gleichung (E.1) ist es nicht sinnvoll, für einen Messempfänger mit Mittelwertdetektor eine effektive Bandbreite zu definieren.

E.2 Übersteuerungsfaktor

Zur Berechnung des Übersteuerungsfaktors und zur Verwendung in Verbindung mit Messempfängern mit Spitzenwertdetektor ist es nützlich, die wirksame Bandbreite der Stufen vor dem Gleichrichter wie folgt zu definieren:

$$B_{\text{imp}} = \frac{A(t)_{\text{max}}}{2G_0} \quad (\text{E.2})$$

Dabei ist

$A(t)_{\text{max}}$ der Spitzenwert der Hüllkurve am Ausgang der Zwischenfrequenzverstärker-Stufen bei Anlegung eines Einheitsimpulses.

Aus der Ableitung der Gleichung (A.17) ergibt sich:

$$B_{\text{imp}} = \left(\frac{0,944}{2} \right) \omega_0 = 1,05 B_6 \text{ oder } 1,31 B_3 \quad (\text{E.3})$$

B_6 und B_3 sind in 3.6 definiert.

Für andere Arten von abgestimmten Kreisen kann das Verhältnis B_{imp} zu B_6 aus Bild E.1 abgeleitet werden, wenn das Verhältnis B_{20} zu B_3 bekannt ist, wobei B_{20} die Bandbreite bei 20 dB ist.

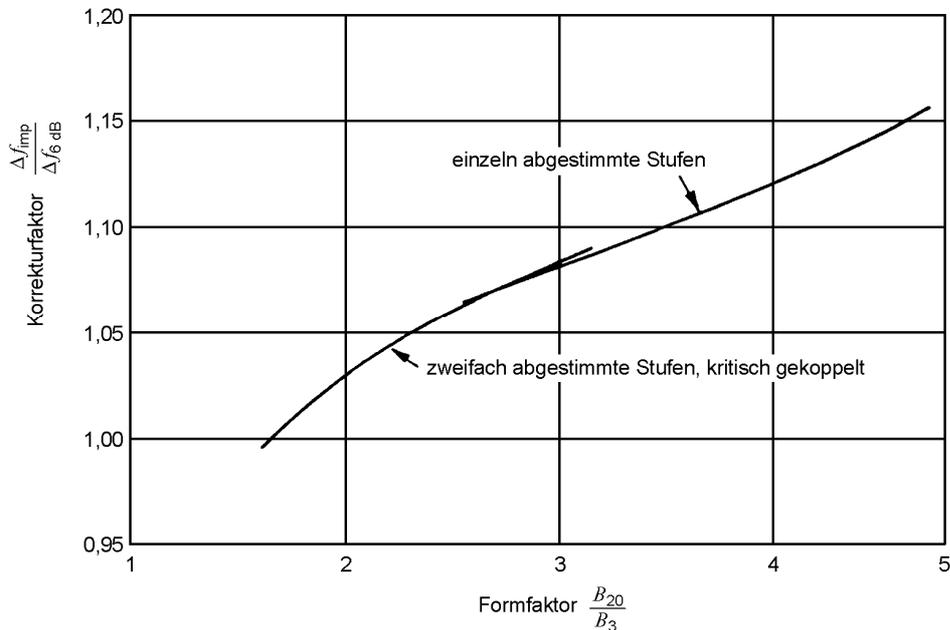


Bild E.1 – Korrekturfaktor zur Abschätzung des Verhältnisses B_{imp}/B_6 bei anderen Arten von abgestimmten Kreisen

E.3 Beziehung zwischen den Anzeigen eines Messempfängers mit Mittelwert und mit Quasispitzenwertdetektor

Bei einer Wiederholfrequenz von n Hz beträgt der Wert der Impulsfläche A_{imp} , der erforderlich ist, um eine Anzeige bei einem Messempfänger mit Mittelwertdetektor zu erzeugen, die gleich der Anzeige für ein auf die Empfangsfrequenz abgestimmtes unmoduliertes Sinussignal mit einem Effektivwert der Leerlaufspannung von 2 mV ist, das von einem Sinussignalgenerator mit gleicher Ausgangsimpedanz wie diejenige des Pulsgenerators geliefert wird:

$$v\tau = \frac{1,4}{n} \text{ mVs} \quad (\text{E.4})$$

Bei einer Pulsfrequenz von 100 Hz sind dies 14 μ Vs.

Daher ist nach A.5 das Verhältnis von $(v\tau)_m$ zu $(v\tau)_{qsp}$, um die gleiche Anzeige zu erzeugen:

im Frequenzbereich 0,15 MHz bis 30 MHz:

$$\frac{(v\tau)_m}{(v\tau)_{qsp}} = 32,9 \text{ dB}$$

im Frequenzbereich 30 MHz bis 1 000 MHz:

$$\frac{(v\tau)_m}{(v\tau)_{qsp}} = 50,1 \text{ dB}$$

Dabei wird ein ausreichender Übersteuerungsfaktor bei der in Frage kommenden Pulsfrequenz angenommen und, dass die verwendeten Bandbreiten den in [Abschnitt 4](#) genannten entsprechen. Bei einer Pulsfrequenz von 1 000 Hz sind die entsprechenden Verhältnisse 17,4 dB (Band B) und 38,1 dB (Bänder C und D).

E.4 Messempfänger mit Spitzenwertdetektor

Wenn ein direkt anzeigendes Messinstrument im Messempfänger verwendet wird, können die Anforderungen an die Zeitkonstanten aus der Kurve in [Bild E.2](#) bestimmt werden, die den prozentualen Anteil des Anzeigewertes, bezogen auf die wahre Spitze, in Abhängigkeit von einem Parameter, der das Verhältnis der Zeitkonstanten, die Bandbreite B_6 und die Pulsfrequenz einschließt, zeigt. Bei der Benutzung der Kurve sollte beachtet werden, dass:

$$\frac{R_C}{R_D} = \frac{1}{4} \left(\frac{T_C}{T_D} \right) \quad (\text{E.5})$$

Dabei ist

T_C die Aufladezeitkonstante;

T_D die Entladezeitkonstante.

Wenn z. B. gewünscht wird, dass der Empfänger mindestens 90 % der wahren Spitze bei einer Wiederholfrequenz von 1 Hz anzeigt, würde er notwendigerweise ein Verhältnis der Lade- zur Entladezeitkonstante haben von:

$1,25 \times 10^6$ im Frequenzbereich 0,15 MHz bis 30 MHz;

$1,67 \times 10^7$ im Frequenzbereich 30 MHz bis 1 000 MHz.

E.5 Beziehung zwischen den Anzeigen eines Messempfängers mit Spitzenwert- und mit Quasispitzenwertdetektor

Der Wert der Impulsfläche A_{imp} , der erforderlich ist, um eine Anzeige bei einem Messempfänger mit Spitzenwertdetektor zu erzeugen, die gleich der Anzeige für ein auf die Empfangsfrequenz abgestimmtes unmoduliertes Sinussignal mit einem Effektivwert der Leerlaufspannung von 2 mV ist, beträgt:

$$\frac{1,4}{B_{imp}} \text{ mVs } (B_{imp} \text{ in Hz}) \quad (\text{E.6})$$

Aus den in [Tabelle H.1](#) angegebenen 6-dB-Bandbreiten ergeben sich die B_{imp} -Werte zu $1,05 B_6$ (siehe [E.2](#)). Diese Werte und die entsprechenden A_{imp} -Werte für eine Spitzenwertanzeige sind in [Tabelle E.1](#) angegeben.

Tabelle E.1 – Werte für B_{imp} und A_{imp} für einen Messempfänger mit Spitzenwertdetektor

Frequenz	A_{imp}-Spitze mVs	B_{imp} Hz
Band A	$6,67 \times 10^{-3}$	$0,21 \times 10^3$
Band B	$0,148 \times 10^{-3}$	$9,45 \times 10^3$
Bänder C und D	$0,011 \times 10^{-3}$	126×10^3

Daher ist unter Verwendung der als a) in [Tabelle 1](#) für $A_{imp \text{ qsp}}$ angegebenen Werte das Verhältnis von $A_{imp \text{ qsp}}$ zu $A_{imp \text{ sp}}$, um die gleiche Anzeige zu erzeugen:

Für Band A 6,1 dB (bei 25 Hz Pulsfrequenz)
 Für Band B 6,6 dB (bei 100 Hz Pulsfrequenz)
 Für Bänder C und D 12,0 dB (bei 1 000 Hz Pulsfrequenz)

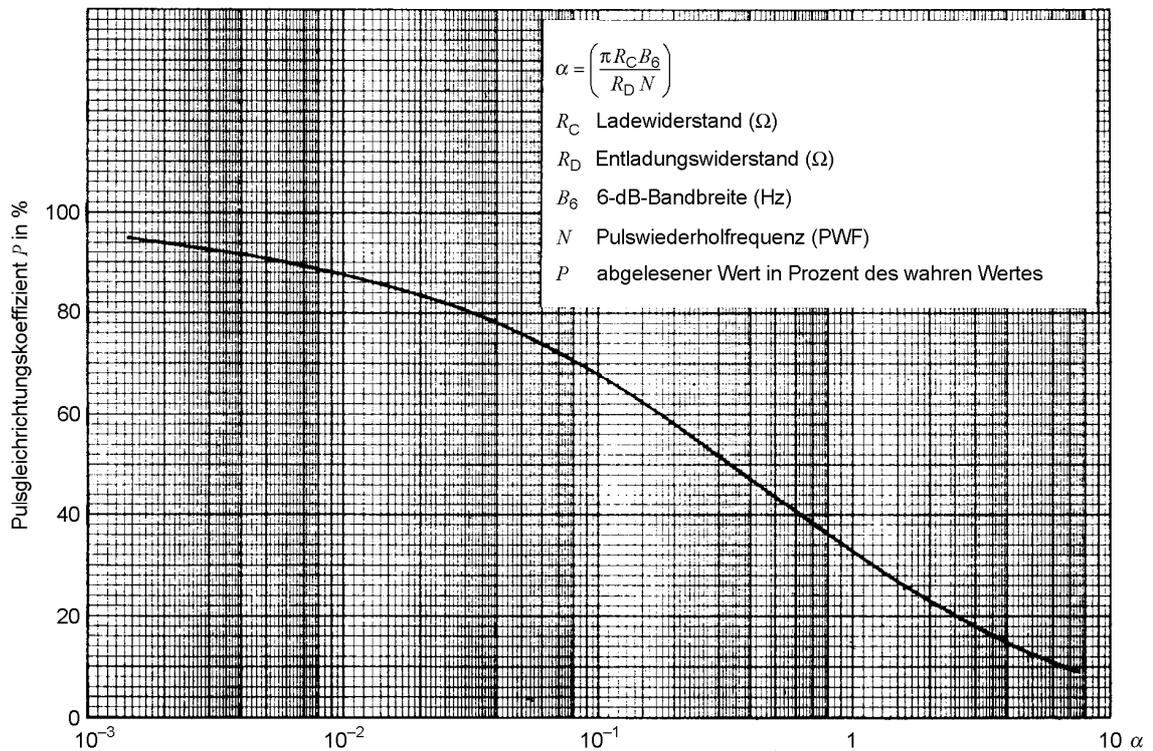


Bild E.2 – Puls-Korrektur-Koeffizient P

E.6 Prüfung der Pulsbewertung von Messempfängern oberhalb 1 GHz

Impulsgeneratoren mit einem gleichförmigen Spektrum bis 18 GHz sind nicht möglich. Zur Prüfung der Pulsbewertung von Messempfängern oberhalb 1 GHz und zum Nachweis der Amplitudenbeziehung von verschiedenen Arten von Messempfängern ist es praktisch, einen pulsmodulierten, auf die Empfangsfrequenz abgestimmten Träger zu verwenden. Die Impulsbreite muss kleiner oder gleich $1/3 B_{\text{imp}}$ sein. Die Genauigkeit der Impulsbreite ist wichtig für die genaue Erzeugung einer bestimmten Impulsfläche, wie sie durch den entsprechenden Abschnitt gefordert wird. Zusätzlich zur Messung der Impulsdauer mit Hilfe eines Oszilloskops kann die Impulsdauer eines rechteckförmigen Impulses mit Hilfe des Abstands zwischen den Minima in der Spektrumsanzeige nachgewiesen werden (siehe Bild E.3 für eine aufgenommene Kurvenform).

Bei einem Messempfänger mit Spitzenwertdetektor mit einer Bandbreite B_{imp} von 1 MHz ist eine Impulsfläche von $1/4 B_{\text{imp}}$ mVs (B_{imp} in Hz) bei leerlaufender Quelle erforderlich, d. h. 1,4 nVs für eine Anzeige, die gleich der Anzeige auf ein unmoduliertes Sinussignal mit einem Effektivwert von 2 mV (entspricht 66 dB(μ V)) EMK ist, das auf die Empfangsfrequenz abgestimmt ist. Ein pulsmodulierter Träger mit der erforderlichen Impulsfläche kann mit den verschiedenen Impulsbreiten erzeugt werden, wie in Tabelle E.2 angegeben.

Tabelle E.2 – Trägerpegel für ein pulsmoduliertes Signal von 1,4 nVs

Impulsbreite w_p/ns	Trägerpegel (EMK) $L_{\text{Träger}}/\text{dB}(\mu\text{V})$
100	86
200	80

Bei einem Messempfänger mit linear anzeigendem Mittelwertdetektor muss die Impulsfläche $1/4 n$ mVs (wobei n die Pulsfrequenz ist) bei leerlaufender Quelle betragen, damit die Anzeige gleich der Anzeige auf ein unmoduliertes Sinussignal mit einem Effektivwert von 2 mV (entspricht 66 dB(μ V)) EMK ist, das auf die Empfangsfrequenz abgestimmt ist. Für $n = 50\,000$ Hz ist die Impulsfläche gleich 28 nVs, d. h., sie ist um 26 dB größer als bei einem Messempfänger mit Spitzenwertdetektor mit einer Bandbreite B_{imp} von 1 MHz.

Bei einem Messempfänger mit Effektivwertdetektor muss die Impulsfläche $44 (B_3^{-1/2})$ μ Vs bei leer laufender Quelle und einer Pulsfrequenz von 1 kHz betragen, damit die Anzeige gleich der Anzeige auf ein unmoduliertes Sinussignal mit einem Effektivwert von 2 mV (entspricht 66 dB(μ V)) EMK ist, das auf die Empfangsfrequenz abgestimmt ist. Für eine Impulsbandbreite B_{imp} von 1 MHz ist die korrespondierende Bandbreite B_3 gleich 700 kHz. Somit beträgt die erforderliche Impulsfläche 52,6 nVs, d. h., sie ist um 31,5 dB größer als bei einem Messempfänger mit Spitzenwertdetektor mit einer Bandbreite B_{imp} von 1 MHz.

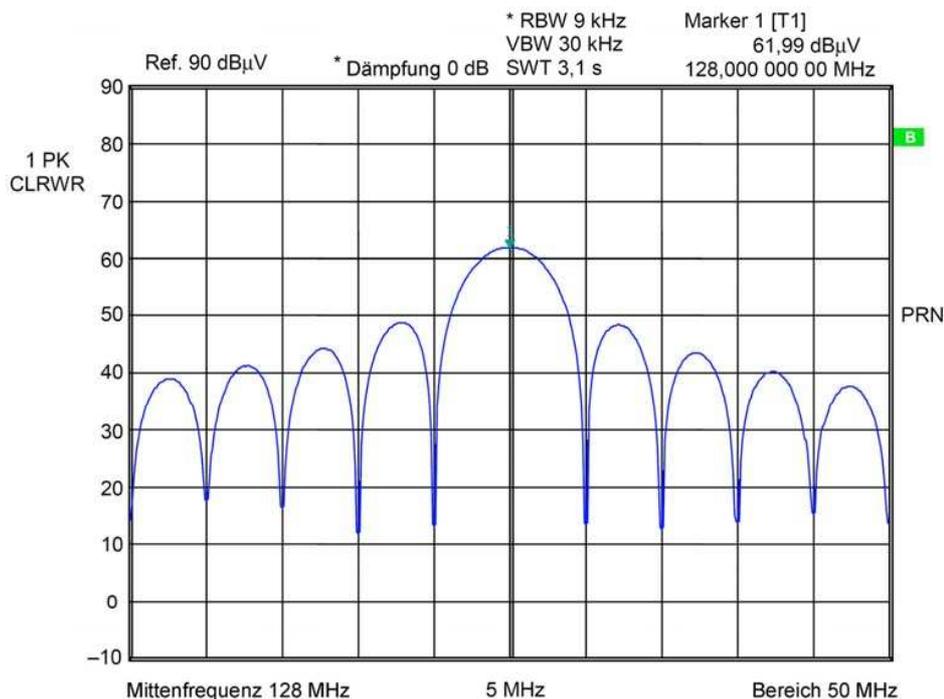


Bild E.3 – Beispiel (Spektrum) eines pulsmodulierten Signals mit einer Impulsbreite von 200 ns

E.7 Messung der Impulsbandbreite eines Messempfängers

E.7.1 Allgemeines

Die Impulsbandbreite B_{imp} eines Messempfängers ist als Spitzenwert U_p (gemessen durch den Messempfänger) dividiert durch die Spektraldichte D des Prüfpulses definiert:

$$B_{imp} = \frac{U_p}{D} \quad (E.7)$$

Wenn U_p in μ V gemessen wird und D in μ V/MHz gegeben ist, dann ergibt sich B_{imp} in der Einheit MHz. Von beiden Größen, U_p und D , wird angenommen, dass sie als Effektivwerte eines unmodulierten Sinussignals kalibriert wurden, was bei CISPR-Messempfängern der Fall ist.

Die Spektraldichte D des Impulses wird häufig nicht als genaue Bezugsgröße zur Verfügung stehen. Um die Unsicherheit der Messung der Impulsbandbreite zu verringern, nutzen die Verfahren 1 und 2 zwei Messungen. Die Selektionskurve eines Messempfängers kann unter bestimmten Umständen zur Berechnung von B_{imp} (wie im Verfahren 3 beschrieben) verwendet werden, da B_{imp} die „Spannungsbandbreite“ des Messempfängers ist (nicht zu verwechseln mit der „Leistungsbandbreite“ oder der äquivalenten „Geräuschbandbreite“, welche den Effektivwert des Gauß'schen Rauschens bestimmt, wenn der Effektivwertdetektor des Messempfängers benutzt wird). B_{imp} wird durch die Selektionskurve des ZF-Filters, die (möglicherweise nicht lineare) Phasenantwort des Filters und die Videobandbreite des Messempfängers bestimmt. Sie ist breiter als B_6 , jedoch existiert kein allgemeiner Faktor für die Beziehung zwischen B_{imp} und B_6 oder B_3 des Messempfängers.

E.7.2 Verfahren 1: Messung durch Vergleich der Anzeigen unter Zugrundelegung von B_{imp} bei zwei Impulsen mit gleicher Amplitude und Breite, aber niedrigen bzw. hohen Pulsfrequenzen (f_p)

Dieses Verfahren gilt für ein pulsmoduliertes HF-Signal mit kurzer Impulsdauer, wie in Bild E.4 gezeigt, und zwei verschiedenen Pulsfrequenzen. Mit der hohen Pulsfrequenz f_{p1} ($f_p \gg B_{\text{imp}}$) kann der Empfänger auf die Trägerfrequenz abgestimmt werden, wie in Bild E.5 gezeigt, und mit der niedrigen Pulsfrequenz ($f_p \ll B_{\text{imp}}$) wird das Spektrum als breitbandiges Signal erscheinen, wie in Bild E.6 gezeigt, mit einer Spektraldichte D des Impulses von $D = U_1 \times \tau$. Die Impulsform (Amplitude U_1 und Dauer τ) muss von der Pulsfrequenz f_p unabhängig sein. Für $B_{\text{imp}} = 1$ MHz könnte f_{p1} zu 30 MHz und f_{p2} zu 30 kHz gewählt werden.

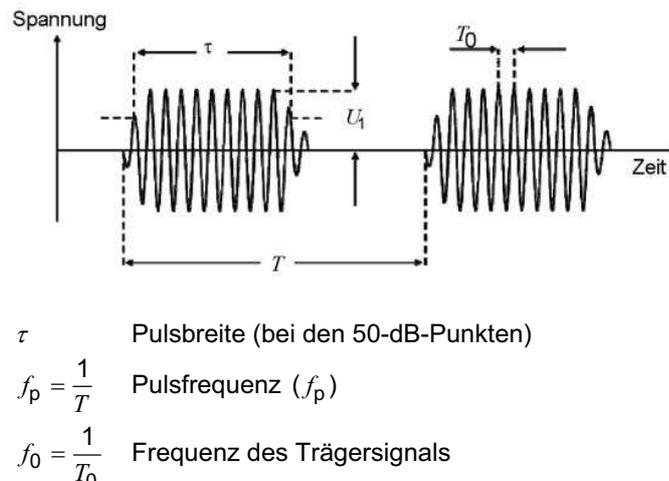


Bild E.4 – Pulsmoduliertes HF-Signal, das an einen Messempfänger angelegt wird

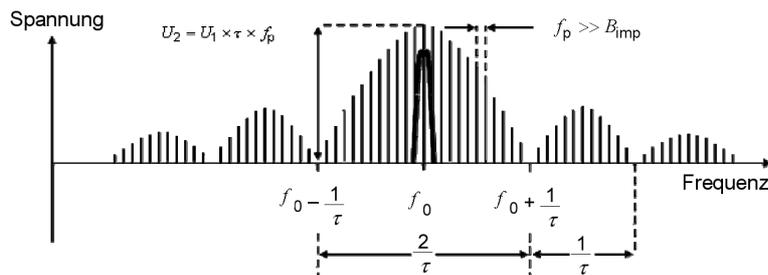


Bild E.5 – Filterung mit einer Bandbreite B_{imp} , die sehr viel kleiner als die Pulsfrequenz f_p ist

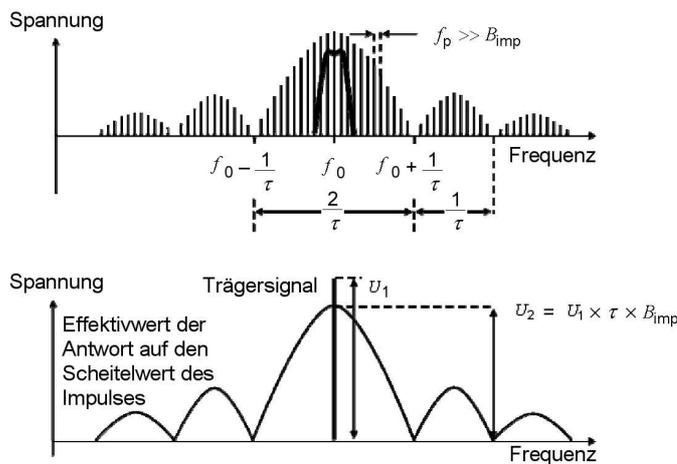


Bild E.6 – Filterung mit einer Bandbreite B_{imp} , die sehr viel größer als die Pulsfrequenz f_p ist

Bei der ersten Messung kann erwartet werden, dass sich der Effektivwert der Amplitude zu $U_2 = U_1 \times \tau \times f_{p1}$ ergibt. Eine niedrige Messunsicherheit kann durch einen hohen Signal-/Rauschabstand erreicht werden. Jedoch muss sorgfältig darauf geachtet werden, dass Übersteuerung vermieden wird. Bei der zweiten Messung kann erwartet werden, dass der maximal angezeigte Effektivwert als Antwort auf den Scheitelwert des Impulses $U_p = U_1 \times \tau \times B_{imp}$ ist. Wenn das Produkt $U_1 \times \tau$ bei beiden Messungen perfekt gleich ist, kann B_{imp} aus den beiden Messergebnissen mit Hilfe von Gleichung (E.2) berechnet werden, wie in [Bild E.7](#) gezeigt:

$$B_{imp} = f_{p1} \frac{U_p}{U_2} \quad (E.8)$$

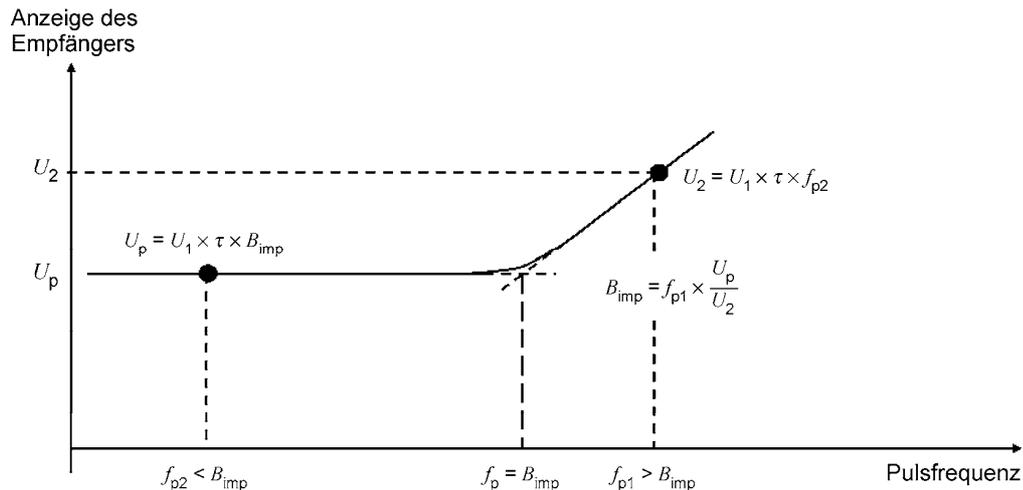


Bild E.7 – Berechnung der Impulsbandbreite

E.7.3 Verfahren 2: Messung durch Vergleich der Anzeige bei einem impulsförmigen Signal unter Zugrundelegung von B_{imp} mit der Anzeige bei dem gleichen Signal unter Zugrundelegung einer schmalen Bandbreite

Wenn ein Impulsgenerator, der unabhängig von der gewählten Pulsfrequenz f_p eine konstante Amplitude beibehält, nicht zur Verfügung steht, kann das Verfahren 2 mit einer vergleichsweise niedrigen Pulsfrequenz f_p angewendet werden. Es beruht auf dem gleichen Prinzip wie das Verfahren 1. Jedoch wird anstelle der Verwendung eines Signals mit einer hohen Pulsfrequenz f_p eine zweite Messung mit einer Filterbandbreite durchgeführt, die sehr viel kleiner als f_p ist. Das Verfahren wird auch in C.1.5 beschrieben.

Dieses Verfahren bestimmt die Spektraldichte D des Impulses mit Hilfe der Gleichung $D = U_k / f_p$, wobei U_k die gemessene Spannung einer Spektrallinie (z. B. der Trägerfrequenz, wenn das Signal ein pulsmodulierter Träger ist, oder die Mittellinie bei der Empfangsfrequenz, bei der B_{imp} zu messen ist) und f_p die Pulsfrequenz ist. Wiederum muss f_p sehr viel größer als die Bandbreite des schmalbandigen Filters und sehr viel niedriger als das zu messende B_{imp} sein, d. h. $B_{Schmalband} \ll f_p \ll B_{imp}$. Beispielhafte Einstellungen könnten $B_{Schmalband} = 9 \text{ kHz}$, $f_p = 100 \text{ kHz}$ und $B_{imp} = 1 \text{ MHz}$ sein. Das Verfahren erfordert einen Vergleich der Anzeigen mit dem schmalbandigen Filter und derjenigen mit dem zu messenden Filter bei Anwendung eines unmodulierten Sinussignals auf beide Filter und Ableitung eines Korrekturfaktors c für die Berechnung von D ($c = U_2 / U_1$, wobei U_2 der Wert für das breitere Filter und U_1 der Wert für das schmalere Filter ist). Daher ist $D = c \times U_k / f_p$. Wenn D bestimmt ist, wird U_p mit dem Spitzenwertdetektor gemessen, und B_{imp} kann mit Hilfe von Gleichung (E.2) berechnet werden.

E.7.4 Verfahren 3: Integration der normalisierten linearen Selektionsfunktion

Dieses Verfahren besitzt den Vorteil hoher Genauigkeit und ist anwendbar für Filter mit einer perfekten linearen Selektionsfunktion (z. B. digitale Filter oder durch Festlegungen des Herstellers) und wenn die Videobandbreite sehr viel größer (z. B. 10-mal) als die Impulsbandbreite ($B_{Video} \gg B_{imp}$) ist.

In diesem Fall ist die Impulsbandbreite eines Messempfängers als Fläche der normalisierten linearen Selektionsfunktion $U(f)$ definiert, mit $1/U_{max}$ als Normalisierungsfaktor.

$$B_{\text{imp}} = \frac{1}{U_{\text{max}}} \int_{-\infty}^{+\infty} U(f) \, df \quad (\text{E.9})$$

Messem Empfänger mit hochauflösenden digitalen Frequenzanzeigen können in N Schritten mit der Schrittweite Δf abgestimmt werden, um die Selektionsfunktion $U(f_N)$ zu messen. Messungen zwischen den 60-dB-Punkten mit 100 Schritten ($N = 101$) reichen üblicherweise für eine korrekte Messung der Bandbreite aus. Analog kann ein durchstimmbarer Empfänger so eingestellt werden, dass seine Start- und Stopffrequenzen mit den 60-dB-Punkten der Filterkurve zusammenfallen und ein Suchlauf durchgeführt wird, um die Amplitudenwerte zu erhalten. Das Prüfsignal ist ein Dauerstrichsignal, um die Filterkurve des zu untersuchenden Filters zu ermitteln. In diesem Fall kann die Impulsbandbreite gemessen und berechnet werden unter Verwendung von

$$B_{\text{imp}} = \frac{1}{U_{\text{max}}} \sum_{n=1}^N [U(f_n) + U(f_{n+1})] \frac{\Delta f}{2} \quad (\text{E.10})$$

Bild E.8 gibt eine Aufnahme einer normalisierten linearen 1-MHz-Selektionsfunktion wieder.

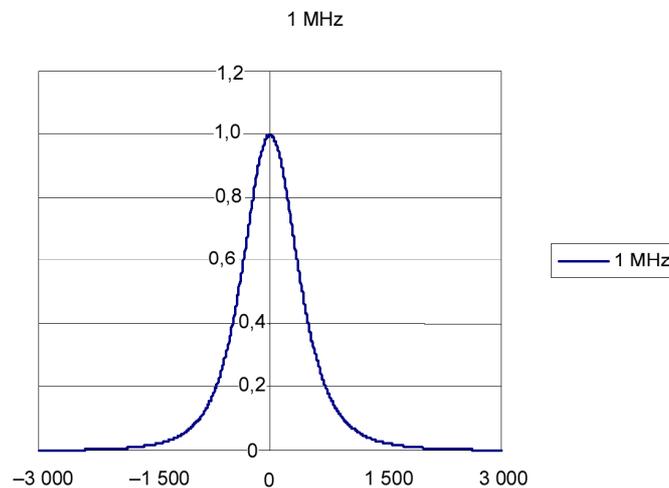


Bild E.8 – Beispiel einer normalisierten linearen Selektionsfunktion

Anhang F (normativ)

Funktionsprüfung bezüglich der Ausnahmeregelungen von der Definition eines Knackes entsprechend **4.2.3 der IEC/CISPR 14-1**

Für die Anwendung der in der **IEC/CISPR 14-1** festgelegten Ausnahmen von der Definition eines Knackes muss der Knackstöranalysator die folgenden zusätzlichen Informationen liefern (für Prüfeinheiten siehe [Tabelle F.1](#)):

- a) die Anzahl der Knacke mit einer Dauer kleiner oder gleich 10 ms;
- b) die Anzahl der Knacke mit einer Dauer von mehr als 10 ms, aber weniger als 20 ms;
- c) die Anzahl der Knacke mit einer Dauer von mehr als 20 ms, aber weniger als 200 ms;
- d) die Dauer, für die die Amplitude jedes erfassten Knackes den ZF-Bezugspegel für Dauerstörgrößen überschreitet;
- e) eine Anzeige, dass das Gerät die Prüfung nicht besteht, wenn klar ist, dass es andere Störgrößen als Knacke, die der Definition eines Knackes nicht entsprechen, erzeugt, für die keine der Ausnahmeregelungen angewendet werden kann;
- f) die Zeitdauer vom Beginn der Prüfung bis zum Auftreten von Störgrößen, die unter e) erwähnt wurden;
- g) die Gesamtdauer der anderen Störgrößen als Knacke, gemessen an der Überschreitung des ZF-Bezugspegels, die den Quasispitzenwert-Grenzwert für Dauerstörgrößen überschreiten;
- h) die Knackrate.

Tabelle F.1 – Knackstöranalysator-Prüfsignale ^{a)}

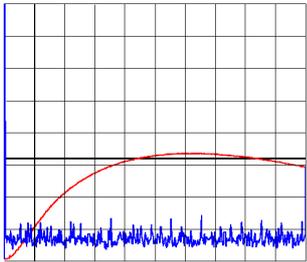
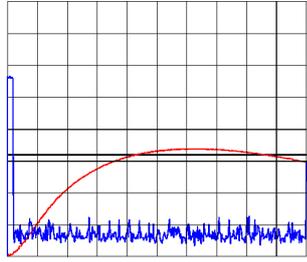
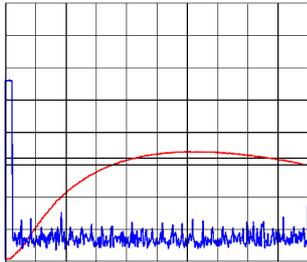
Nr. der Prüfung	Prüfsignalparameter						
	1		2		3	4	5
	QS-Amplitude von individuell eingestellten Impulsen, bezogen auf die Quasispitzenwert-Bezugs-Anzeige des Messempfängers		Dauer der am Zwischenfrequenz-Ausgang des Messempfängers eingestellten Impulse ^{b)}		Impulsabstand oder -rate (ZF-Ausgang)	Auswertungsergebnis des Analysators	Graphische Darstellung des am ZF-Ausgang gemessenen Prüfsignals und des zugehörigen Quasispitzenwert-Signals, bezogen auf die Bezugsanzeige des Messempfängers
	dB		ms		ms		
	Impuls 1	Impuls 2	Impuls 1	Impuls 2			
1	1		0,11			1 Knack ≤ 10 ms	 <p style="text-align: right;">500 ms</p>
2	1		9,5			1 Knack ≤ 10 ms	 <p style="text-align: right;">500 ms</p>
3	1		10,5			1 Knack > 10 ms ≤ 20 ms	 <p style="text-align: right;">500 ms</p>

Tabelle F.1 (fortgesetzt)

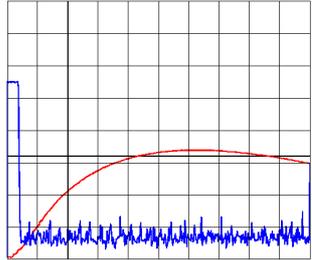
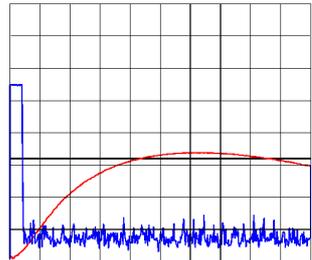
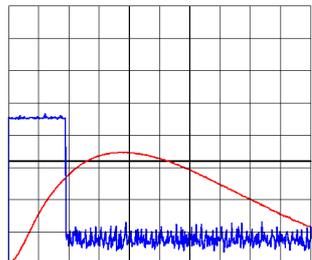
Nr. der Prüfung	Prüfsignalparameter						
	1		2		3	4	5
	QS-Amplitude von individuell eingestellten Impulsen, bezogen auf die Quasispitzenwert-Bezugs-Anzeige des Messempfängers dB		Dauer der am Zwischenfrequenz-Ausgang des Messempfängers eingestellten Impulse ^{b)} ms		Impulsabstand oder -rate (ZF-Ausgang) ms	Auswertungsergebnis des Analysators	Graphische Darstellung des am ZF-Ausgang gemessenen Prüfsignals und des zugehörigen Quasispitzenwert-Signals, bezogen auf die Bezugsanzeige des Messempfängers
Impuls 1	Impuls 2	Impuls 1	Impuls 2				
4	1		19			1 Knack > 10 ms ≤ 20 ms	 <p style="text-align: right;">500 ms</p>
5	1		21			1 Knack > 20 ms	 <p style="text-align: right;">500 ms</p>
6	1		190			1 Knack > 20 ms	 <p style="text-align: right;">1 ms</p>

Tabelle F.1 (fortgesetzt)

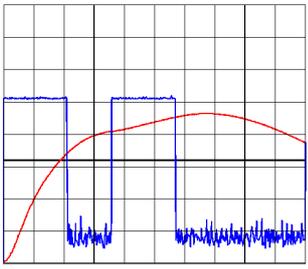
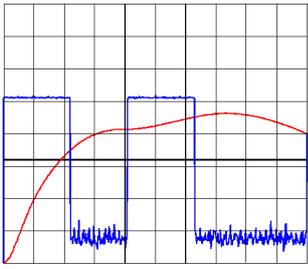
Nr. der Prüfung	Prüfsignalparameter						
	1		2		3	4	5
	QS-Amplitude von individuell eingestellten Impulsen, bezogen auf die Quasispitzenwert-Bezugs-Anzeige des Messempfängers		Dauer der am Zwischenfrequenz-Ausgang des Messempfängers eingestellten Impulse ^{b)}		Impulsabstand oder -rate (ZF-Ausgang)	Auswertungsergebnis des Analysators	Graphische Darstellung des am ZF-Ausgang gemessenen Prüfsignals und des zugehörigen Quasispitzenwert-Signals, bezogen auf die Bezugsanzeige des Messempfängers
	dB		ms		ms		
	Impuls 1	Impuls 2	Impuls 1	Impuls 2			
7	5	5	210	210	150	<p>wenn</p> <p>nur einmal je Programmzyklus oder je Mindest-Beobachtungszeit: gezählt als 1 Knack</p> <p>> 20 ms (siehe E2 und Anmerkung 1 dieser Tabelle, 600-ms-Regel)</p>	 <p style="text-align: right;">1 ms</p>
						<p>ANDERENFALLS</p> <p>Dauerstörgröße (570 ms)</p>	
8	5	5	220	220	190	<p>NICHT BESTANDEN</p> <p>Dauerstörgröße</p> <p>(siehe E2 und Anmerkung 1 dieser Tabelle, keine Ausnahmeregelung ist anwendbar, weil die Gesamtdauer 630 ms > 600 ms ist)</p>	 <p style="text-align: right;">1 ms</p>

Tabelle F.1 (fortgesetzt)

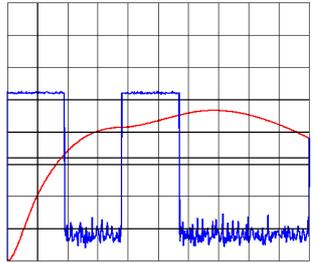
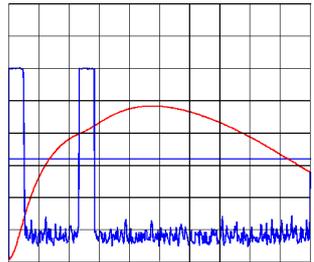
Nr. der Prüfung	Prüfsignalparameter					Auswertungsergebnis des Analysators	Graphische Darstellung des am ZF-Ausgang gemessenen Prüfsignals und des zugehörigen Quasispitzenwert-Signals, bezogen auf die Bezugsanzeige des Messempfängers		
	1		2		3			4	5
	QS-Amplitude von individuell eingestellten Impulsen, bezogen auf die Quasispitzenwert-Bezugs-Anzeige des Messempfängers dB		Dauer der am Zwischenfrequenz-Ausgang des Messempfängers eingestellten Impulse ^{b)} ms		Impulsabstand oder -rate (ZF-Ausgang) ms				
	Impuls 1	Impuls 2	Impuls 1	Impuls 2					
9	5	5	190	190	190	<p>wenn</p> <p>die endgültige Knackrate kleiner als 5 ist:</p> <p>2 Knacke > 20 ms</p> <p>(siehe E2 und Anmerkung 1 dieser Tabelle, „Kühlschrank“-Regel; siehe auch Anmerkung 2 dieser Tabelle)</p>	 <p style="text-align: right;">1 ms</p>		
						<p>ANDERENFALLS, wenn</p> <p>nur einmal je Programmzyklus oder einmal während der Mindest-Beobachtungszeit: gezählt als 1 Knack > 20 ms</p> <p>(siehe E2 und Anmerkung 1 dieser Tabelle)</p> <p>ANDERENFALLS</p> <p>nicht bestanden: Dauerstörgröße (570 ms)</p>			
10	5	5	50	50	185	<p>wenn</p> <p>die endgültige Knackrate kleiner als 5 ist:</p> <p>2 Knacke > 20 ms</p> <p>(siehe E2 und Anmerkung 1 dieser Tabelle; siehe auch Anmerkung 2 dieser Tabelle)</p>	 <p style="text-align: right;">1 ms</p>		

Tabelle F.1 (fortgesetzt)

Nr. der Prüfung	Prüfsignalparameter						
	1		2		3	4	5
	QS-Amplitude von individuell eingestellten Impulsen, bezogen auf die Quasispitzenwert-Bezugs-Anzeige des Messempfängers		Dauer der am Zwischenfrequenz-Ausgang des Messempfängers eingestellten Impulse ^{b)}		Impulsabstand oder -rate (ZF-Ausgang)	Auswertungsergebnis des Analysators	Graphische Darstellung des am ZF-Ausgang gemessenen Prüfsignals und des zugehörigen Quasispitzenwert-Signals, bezogen auf die Bezugsanzeige des Messempfängers
	dB		ms		ms		
Impuls 1	Impuls 2	Impuls 1	Impuls 2				
						<p>ANDERENFALLS, wenn nicht mehr als einmal je Programmzyklus oder während der Mindest-Beobachtungszeit: gezählt als 1 Knack < 600 ms</p> <p>(siehe E2 und Anmerkung 1 dieser Tabelle, 2 × 285 ms > 20 ms)</p> <p>ANDERENFALLS Nicht bestanden: Dauerstörgröße</p>	
11	20	20	15	5	1 × Impuls 1 + 9 × Impuls 2, wiederholt, bis 40 Knacke registriert sind, wobei der zeitliche Abstand zwischen jedem Impuls 13 s beträgt	36 Knacke < 10 ms 4 Knacke > 10 ms ≤ 20 ms ≥ 90 % der Knacke < 10 ms BESTANDEN (siehe E3 und Anmerkung 1 und Anmerkung 3 dieser Tabelle; eine Messung der Amplituden der Knackstörgrößen ist nicht erforderlich)	
12	20	20	15	5	1 × Impuls 1 + 8 × Impuls 2, wiederholt, bis 40 Knacke registriert sind, wobei der zeitliche Abstand zwischen jedem Impuls 13 s beträgt	35 Knacke < 10 ms 5 Knacke > 10 ms ≤ 20 ms < 90 % der Knacke < 10 ms (Siehe E3 und Anmerkung 1 und Anmerkung 3 dieser Tabelle; keine Ausnahmeregelung ist anwendbar. Nach Anwendung der Methode des oberen Viertels ist das endgültige Ergebnis NICHT BESTANDEN, da die Amplituden der Knackstörgrößen zu hoch sind.)	

Tabelle F.1 (fortgesetzt)

IEC/CISPR 14-1, 4.2.3, enthält die folgenden Ausnahmeregelungen:

- E1 – „Einzelne Schaltvorgänge“
Diese Ausnahmeregelung kann nur durch die Bedienperson, nicht jedoch automatisch durch den Knackstör-analysator bewertet werden. Sie wird an dieser Stelle genannt, um Verwirrung der Anwender bei Anwendung sowohl der IEC/CISPR 16-1-1 als auch der IEC/CISPR 14-1 hinsichtlich der Nummerierung der Ausnahme-regelungen zu vermeiden.
- E2 – Kombination von Knackstörgrößen mit einem Zeitrahmen kleiner 600 ms („600-ms-Regel“)
In programmgesteuerten Geräten ist eine Kombination von Knackstörgrößen innerhalb eines Zeitrahmens, der kleiner als 600 ms ist, einmal in jedem ausgewählten Programmzyklus erlaubt. Für andere Geräte ist eine solche Kombination von Knackstörgrößen einmal während der Mindestbeobachtungszeit erlaubt. Dies gilt auch für temperaturgesteuerte (thermostatisch gesteuerte) dreiphasige Schalter, die drei Störgrößen erzeugen, die nach-einander in jedem der drei Phasen- und dem Neutraleiter auftreten. Die Kombination von Knackstörgrößen wird als eine Knackstörgröße angesehen.
- E3 – „Sprunghaftes Schalten“
Bei Geräten, die die folgenden Bedingungen erfüllen:
 - die Knackrate ist nicht größer als 5;
 - keine der Knackstörgrößen hat eine Dauer, die länger als 20 ms ist;
 - 90 % der Knackstörgrößen haben eine Dauer, die kürzer als 10 ms ist;wird angenommen, dass sie – unabhängig von der Amplitude der Knackstörgrößen – die Grenzwerte einhalten. Falls eine dieser Bedingungen nicht erfüllt ist, gelten die Grenzwerte für diskontinuierliche Störgrößen.
- E4 – „Knackstörgrößen mit einem Abstand kleiner als 200 ms („Kühlschrank-Regel“)
Bei Geräten mit einer Knackrate kleiner als 5 sind zwei beliebige Störgrößen, die beide eine maximale Dauer von 200 ms haben, als zwei Knackstörgrößen zu betrachten, auch wenn der zeitliche Abstand zwischen den Stör-größen kleiner als 200 ms ist. In diesem Fall, wie er z. B. bei Kühlschränken beobachtet wird, ist eine solche Anordnung als zwei Knackstörgrößen und nicht als eine Dauerstörgröße zu bewerten.

ANMERKUNG 1 Der Knackstöranalysator darf die Ausnahmeregelung E2 nur dann anwenden, wenn E4 nicht anwendbar ist.

ANMERKUNG 2 Die Prüf-Kurvenformen 11 und 12 können die Prüfung nur in dem Fall bestehen, wenn die Ausnahme-regelung E3 angewendet werden kann, wie die folgende Berechnung aufzeigt:

- Einschließlich des Knacks bei „0“ Sekunden bei den Prüf-Kurvenformen 11 und 12 werden die geforderten 40 Knacke nach $13 \text{ s} \times 39 = 507 \text{ s}$, d. h. 8,45 min gezählt. Die Knackrate beträgt $40/8,45 = 4,734$ (kleiner als 5, wie gefordert ist – hier hängt alles davon ab, ob 90 % < 10 ms sind oder nicht).

ANMERKUNG 3 Die Erleichterung des Grenzwertes für Knackstörgrößen entsprechend IEC/CISPR 14-1 beträgt: $20 \times \log(30/4,374) \text{ dB} = 16,04 \text{ dB}$. Daher können die Prüf-Signale 11 und 12 (Amplitude um 20 dB über dem Grenzwert) die Prüfung unter Anwendung der Methode des oberen Viertels nach IEC/CISPR 14-1:2005 bestehen, der zufolge nicht mehr als 25 % der Knackstörgrößen den Grenzwert überschreiten dürfen.

- a) Prüfsignale, die für die Funktionsprüfung im Hinblick der Bewertung der Ausnahmeregelungen von der Definition einer Knackstörgröße entsprechend IEC/CISPR 14-1, 4.2.3, verwendet werden.
- b) Die Anstiegszeiten der Impulse dürfen nicht länger als 40 μs sein.

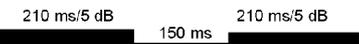
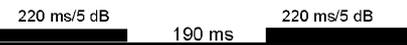
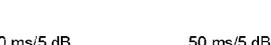
Prüfung Nr.	Prüfsignal	Analysator-Auswertungsergebnis
1	 0,11 m/1 dB	1 Knack \leq 10 ms
2	 9,5 ms/1 dB	1 Knack \leq 10 ms
3	 10,5 ms/1 dB	1 Knack $>$ 10 ms, \leq 20 ms
4	 19 ms/1 dB	1 Knack $>$ 10 ms, \leq 20 ms
5	 21 ms/1 dB	1 Knack $>$ 20 ms
6	 190 ms/1 dB	1 Knack $>$ 20 ms
7	 210 ms/5 dB 150 ms 210 ms/5 dB	1 Knack \leq 600 ms (programmgesteuerter Prüfling)
8	 220 ms/5 dB 190 ms 220 ms/5 dB	Dauerstörgröße \geq 600 ms
9	 190 ms/5 dB 190 ms 190 ms/5 dB	1 Knack \leq 600 ms (gezählt als 2 Knacke, „Kühlschrankregel“)
10	 50 ms/5 dB 185 ms 50 ms/5 dB	für $N < 5$ – 2 Knacke für $N \geq 5$ – Dauerstörgröße, oder 1 Knack \leq 600 ms für programmgesteuerte Prüflinge
11	 15 ms/20 dB 13 s 9 Impulse/5 ms/20 dB 13 s 15 ms/20 dB wiederholt bis zu 40 gezählte Knacke	36 Knacke \leq 10 ms 4 Knacke $>$ 10 ms, \leq 20 ms
12	 15 ms/20 dB 13 s 8 Impulse/5 ms/20 dB 13 s 15 ms/20 dB wiederholt bis zu 40 gezählte Knacke	35 Knacke $<$ 10 ms 5 Knacke $>$ 10 ms, \leq 20 ms

Bild F.1 – Graphische Darstellung der Prüfsignale, die zur Prüfung des Knackstöranalysators im Rahmen der Funktionsprüfung mit den zusätzlichen Anforderungen entsprechend [Tabelle F.1](#) verwendet werden

Anhang G (informativ)

Begründung für die Festlegung der APD-Messfunktion

Die Festlegungen beruhen auf den nachfolgenden Definitionen und Erwägungen.

a) **Dynamikbereich der Amplitude**

Der Dynamikbereich der Amplitude ist als der Bereich definiert, der notwendig ist, um die Amplitudenwahrscheinlichkeitsverteilung (en: APD) zu erhalten. Die obere Grenze des Dynamikbereichs muss größer als der Spitzenwert der zu messenden Störgröße sein, und die untere Grenze des Dynamikbereichs muss kleiner als der Spitzenwert des vom Produktkomitee festgelegten Grenzwerts der Störausendung sein.

Entsprechend **IEC/CISPR 11** ist der Spitzenwert-Grenzwert für ISM-Geräte der Gruppe 2, Klasse B auf 110 dB(μ V/m) festgelegt, und der gewichtete Grenzwert ist auf 60 dB(μ V/m) festgelegt. Daher wird ein Dynamikbereich vorgeschlagen, der größer als 60 dB mit einem Sicherheitsabstand von 10 dB ist.

b) **Abtastrate**

Idealerweise wird die Amplitudenwahrscheinlichkeitsverteilung (en: APD) unter Verwendung einer Bandbreite gemessen, die gleich derjenigen des zu schützenden Funkdienstes ist. Jedoch ist die Auflösungsbandbreite des Spektrumanalysators zu 1 MHz im Frequenzbereich oberhalb 1 GHz festgelegt. Die Abtastrate muss daher größer als 10^7 Samples/s sein.

c) **Maximale messbare Zeit**

Für Spitzenwertmessungen an Mikrowellenherden oberhalb 1 GHz legt **IEC/CISPR 11** ein Intervall von 2 min als maximale Zeit für das Festhalten des Höchstwertes fest. Daher muss die messbare Zeit bei einer Messung der Amplitudenwahrscheinlichkeitsverteilung (en: APD) mindestens 2 min betragen. Da die Größe (Kapazität) des Zählers oder des Speichers begrenzt ist, können kontinuierliche Messungen über lange Messzeiträume schwierig sein. Daher sind intermittierende Messungen unter der Bedingung erlaubt, dass die tote Zeit kleiner als 1 % der gesamten Messzeit ist.

d) **Minimale messbare Wahrscheinlichkeit**

Mehr als 100 Auftritte können notwendig sein, um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten. Daher wird die minimale messbare Wahrscheinlichkeit wie folgt berechnet:

Unter Annahme einer Messzeit von 2 min und einer Abtastrate von 10^7 Samples/s wird die Wahrscheinlichkeit bestimmt durch:

$$100/(120 \times 10 \times 10^6) \approx 10^{-7}$$

e) **Anzeige der APD-Daten**

Die Amplitudenauflösung der Anzeige der APD-Daten hängt vom Dynamikbereich und der Auflösung des A/D-Wandlers ab. Zum Beispiel wird die Auflösung der Anzeige kleiner als 0,25 dB (≈ 60 dB/256), wenn ein 8-Bit-Wandler mit einem Dynamikbereich von 60 dB verwendet wird.

Die [Bilder G.1](#) und [G.2](#) zeigen Blockschaltbilder von Ausführungen der APD-Messfunktion.

Ein Beispiel für ein APD-Messergebnis ist in [Bild G.3](#) wiedergegeben.

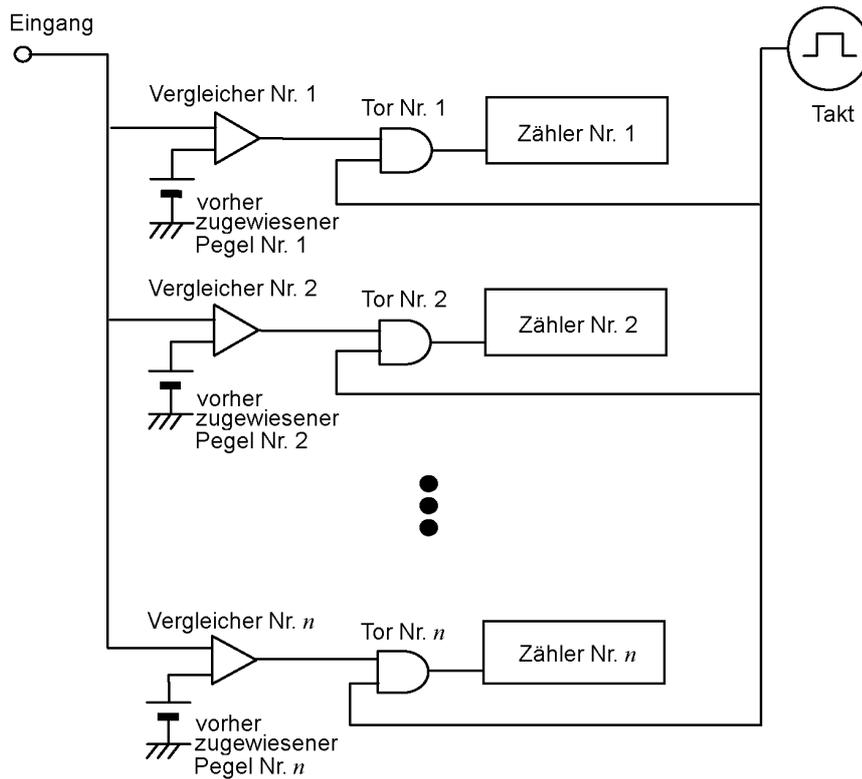


Bild G.1 – Blockschaltbild des APD-Messkreises ohne A/D-Wandler

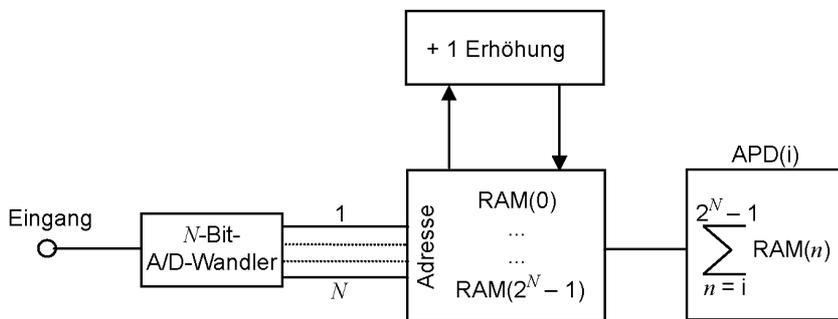


Bild G.2 – Blockschaltbild des APD-Messkreises mit A/D-Wandler

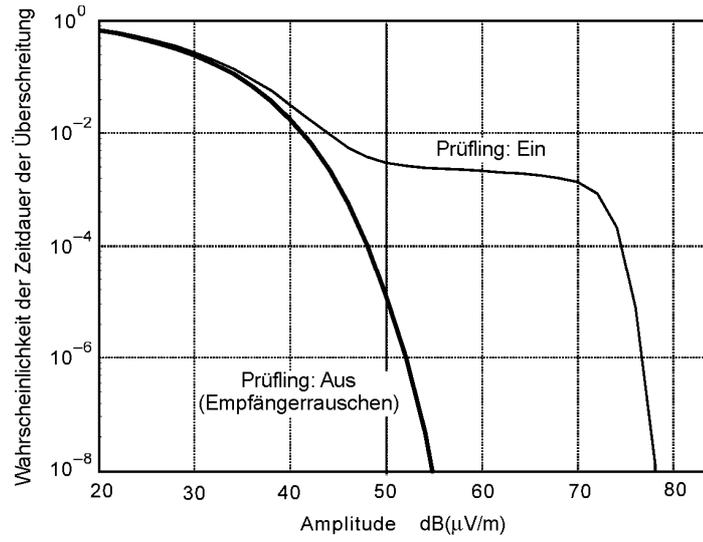


Bild G.3 – Beispiel der Anzeige einer APD-Messung

Anhang H (informativ)

Eigenschaften von Messempfängern mit Quasispitzenwertdetektor

Tabelle H.1 stellt Spezifikationen für Messempfänger mit Quasispitzenwertdetektor bereit. Diese Spezifikationen beschreiben die allgemeingültigen Eigenschaften eines solchen Messgeräts und stellen keine Spezifikationen von individuellen Komponenten und Unterbaugruppen dieses Messgeräts dar. Das Anzeigeverhalten bei Impulsen entsprechend den Festlegungen in 4.4 wird unter Zugrundelegung der nachfolgenden grundlegenden Eigenschaften der Messempfänger berechnet.

Tabelle H.1 – Eigenschaften von Messempfängern mit Quasispitzenwertdetektor^{N4)}

Eigenschaften	Frequenzband		
	Band A 9 kHz bis 150 kHz	Band B 0,15 MHz bis 30 MHz	Bänder C und D 30 MHz bis 1 000 MHz
–6-dB-Bandbreite, B_6 , in kHz	0,20	9	120
elektrische Ladezeitkonstante des Detektors in ms	45	1	1
elektrische Entladezeitkonstante des Detektors in ms	500	160	550
mechanische Zeitkonstante des kritisch gedämpften Anzeigeelements in ms	160	160	100
Übersteuerungsfaktor des Zwischenfrequenzverstärkers in dB	24	30	43,5
Übersteuerungsfaktor des Gleichstromverstärkers zwischen Detektor und Anzeigeelement in dB	6	12	6

ANMERKUNG 1 Die Definition der mechanischen Zeitkonstante (siehe 3.8) setzt voraus, dass das Anzeigeelement linear ist, d. h., gleiche Stromzunahmen rufen gleiche Zunahmen des Ausschlags hervor. Ein Anzeigeelement mit einer abweichenden Beziehung zwischen Strom und Ausschlag darf unter der Voraussetzung benutzt werden, dass das Instrument die Anforderungen dieses Abschnitts erfüllt. Bei einem elektronischen Instrument darf die mechanische Zeitkonstante durch einen Schaltkreis nachgebildet werden.

ANMERKUNG 2 Für die elektrischen und mechanischen Zeitkonstanten sind keine Grenzabweichungen angegeben. Die tatsächlichen Werte, die in einem bestimmten Empfänger verwendet werden, sind durch die Ausführung bestimmt, die die Anforderungen nach 4.4 erfüllt.

^{N4)} Nationale Fußnote: Nach einem Beschluss der Funkverwaltungskonferenz (WARC) 1979 beginnt der AM-Rundfunkbereich bereits bei 148,5 kHz. Die Bandbreite von 9 kHz des Empfängers für das Band B stellt bei einer Einstellung auf 150 kHz auch die Erfassung von Störfrequenzen ab 148,5 kHz sicher.

Anhang I (informativ)

Beschreibung der Architektur von Funkstörmessempfängern und durchsuchenden Spektrumanalysatoren

Dieser Anhang stellt eine kurze Beschreibung der wesentlichen Unterschiede zwischen „Funkstörmessempfängern“ und „durchsuchenden Spektrumanalysatoren“ zur Verfügung, soweit diese Norm betroffen ist. Bild I.1 veranschaulicht ein Beispiel für die Architektur (den Aufbau) der beiden Arten von Messgeräten. Die grau schattierten Teile sind typischerweise in Messgeräte implementiert, um die Übereinstimmung mit den Festlegungen dieser Norm sicherzustellen.

ANMERKUNG Zusätzliche Informationen werden zurzeit für den IEC/CISPR/TR 16-3 vorbereitet.

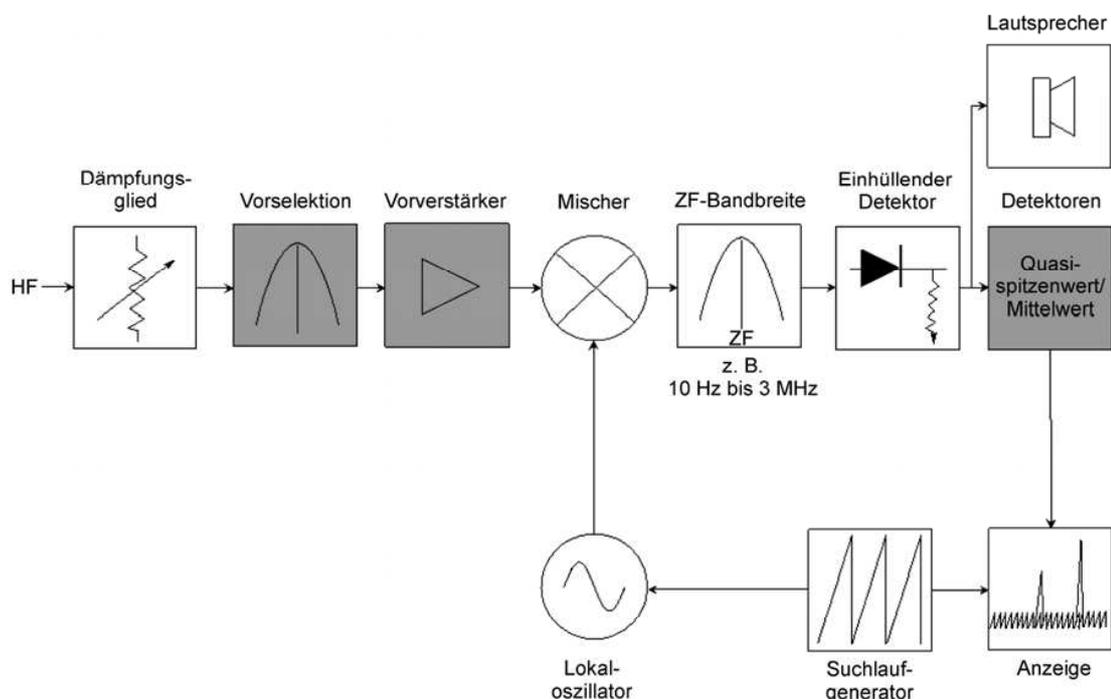


Bild I.1 – Beispiel eines Blockschaltbilds eines Funkstörmessempfängers, der aus einem durchsuchenden Spektrumanalysator mit zusätzlicher Vorselektion, zusätzlichem Vorverstärker und Quasispitzenwert-/Mittelwertdetektor besteht

Die Hauptunterschiede zwischen den beiden Gerätearten sind:

- Spektrumanalysatoren sind Suchlaufgeräte, bei denen die Frequenz des Lokaloszillators (LO) permanent (stufenlos) abgestimmt wird, um den ausgewählten interessierenden Frequenzbereich zu erfassen. Dagegen führen manche Funkstörmessempfänger einen schrittweisen Suchlauf durch, d. h., dass das Gerät auf feste (diskrete) Frequenzen in festgelegten Schrittweiten abgestimmt wird, um den interessierenden Frequenzbereich zu erfassen. Auf jeder abgestimmten Frequenz wird die Amplitude gemessen und für die weitere Verarbeitung oder Anzeige festgehalten.
- Bei den meisten durchsuchenden Spektrumanalysatoren ist keine Vorselektion (d. h. Filterung am Eingang) vor der ersten Frequenzwandlerstufe eingebaut. Daraus resultiert gewöhnlich ein nicht ausreichender Dynamikbereich für Messungen von Pulsen mit niedriger Pulsfrequenz mit Hilfe der Quasispitzenwertdetektion und dies kann unter diesen Umständen zu fehlerhaften Messergebnissen führen.
- Durchsuchende Spektrumanalysatoren mit Vorselektion sind auf dem Markt erhältlich. Diese Geräteart kann sämtliche in der IEC/CISPR 16-1-1 vorhandenen Anforderungen erfüllen und sie kann daher bei

vollständiger Übereinstimmung mit dieser Norm ohne jegliche Einschränkung zur Durchführung von Aussendungsmessungen nach den Normen der Reihe IEC/CISPR 16-2 verwendet werden.

- d) Die für Spektrumanalysatoren ohne Vorselektion im Hinblick auf die Quasispitzenwertdetektion gültigen Festlegungen sind weniger streng, und die Verwendung dieser Geräte hängt von den zu messenden Signalen ab.
- e) Spektrumanalysatoren brauchen keinen eingebauten Vorverstärker zu besitzen. Funkstörmessempfänger neigen dazu, einen Vorverstärker nach der Vorselektionsstufe zu besitzen.
- f) Es kann sein, dass die in 4.5 festgelegten Frequenzselektivitätskriterien von durchsuchenden Spektrumanalysatoren nicht eingehalten werden. Spektrumanalysatoren verwenden typischerweise ein Filter, dessen Filterkurve durch die Gauss'sche Einhüllende definiert wird und die diese Anforderungen nicht erfüllen. Diese Norm erfordert, dass Spektrumanalysatoren die Festlegungen nach 4.5 einhalten.
- g) Es kann sein, dass Spektrumanalysatoren keinen eingebauten Quasispitzenwertdetektor besitzen. Diese Norm erfordert, dass Spektrumanalysatoren im Hinblick auf die Quasispitzenwertdetektion die Festlegungen nach 4.4 einhalten. Jedoch sind die Anforderungen in Bezug auf die Pulsfrequenzen für durchsuchende Spektrumanalysatoren ohne Vorselektion nicht anwendbar.
- h) Es kann sein, dass durchsuchende Spektrumanalysatoren kein sauberes Anzeigeverhalten bei intermittierenden, schwankenden und driftenden schmalbandige Störgrößen, die der Beschreibung in 6.5.4 entsprechen, besitzen. Diese Norm erfordert, dass Spektrumanalysatoren die Festlegungen in 6.5.4 einhalten.

Literaturhinweise

[1] IEC/CISPR 16-1-2:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Ancillary equipment – Conducted disturbances*

ANMERKUNG Harmonisiert als EN 55016-1-2:2004 (nicht modifiziert).

[2] IEC/CISPR 16-1-3:2004, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-3: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Ancillary equipment – Disturbance power*

ANMERKUNG Harmonisiert als EN 55016-1-3:2006 (nicht modifiziert).

[3] IEC/CISPR 16-1-4:2007, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Ancillary equipment – Radiated disturbances*

ANMERKUNG Harmonisiert als EN 55016-1-4:2007 (nicht modifiziert).

[4] IEC/CISPR 16-1-5:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-5: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Antenna calibration test sites for 30 MHz to 1 000 MHz*

ANMERKUNG Harmonisiert als EN 55016-1-5:2004 (nicht modifiziert).

[5] IEC/CISPR 16-2 (alle Teile), *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2: Methods of measurement of disturbances and immunity*

ANMERKUNG Harmonisiert als EN 55016-2 (alle Teile) (nicht modifiziert).

[6] IEC/CISPR 16-2-4:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-4: Methods of measurement of disturbances and immunity – Immunity measurements*

ANMERKUNG Harmonisiert als EN 55016-2-4:2004 (nicht modifiziert).

[7] IEC/CISPR 16-4 (alle Teile), *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4: Uncertainty in EMC measurements*

ANMERKUNG Harmonisiert als EN 55016-4 (alle Teile) (nicht modifiziert).

[8] IEC/CISPR/TR 16-4-1:2009, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-1: Uncertainties, statistics and limit modelling – Uncertainties in standardized EMC tests* (Text nur in englisch verfügbar)

[9] IEC/CISPR 16-4-2:2003, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-2: Uncertainties, statistics and limit modelling – Uncertainty in EMC measurements*

ANMERKUNG Harmonisiert als EN 55016-4-2:2004 (nicht modifiziert).

[10] IEC/CISPR/TR 16-4-3:2004, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-3: Uncertainties, statistics and limit modelling – Statistical considerations in the determination of EMC compliance of mass-produced products* (Text nur in englisch verfügbar)

[11] IEC/CISPR/TR 16-4-4:2007, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 4-4: Uncertainties, statistics and limit modelling – Statistics of complaints and a model for the calculation of limits* (Text nur in englisch verfügbar)

[12] EN 50065-1, *Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148,5 kHz – Part 1: General requirements, frequency bands and electromagnetic disturbances*

DIN EN 55016-1-1 (VDE 0876-16-1-1):2010-09
EN 55016-1-1:2010

[13] GESELOWITZ, D. B., *Response of ideal radio noise meter to continuous sine-wave recurrent impulses, and random noise*, IRE Transactions, RFI, May 1961, vol. RFI-3, no. 1, p. 2–11 (Text nur in englisch verfügbar)

[14] SABAROFF, S. R., *Impulse excitation of a cascade of series tuned circuits*, Proceedings of the IRE, December 1944, vol. 32, p. 758–760 (Text nur in englisch verfügbar)

Anhang ZA (normativ)

Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

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).

ANMERKUNG Wenn internationale Publikationen durch gemeinsame Abänderungen geändert wurden, durch (mod) angegeben, gelten die entsprechenden EN/HD.

<u>Publikation</u>	<u>Jahr</u>	<u>Titel</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Jahr</u>
IEC/CISPR 11	2009	Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement	EN 55011	2009
IEC/CISPR 14-1	2005	Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 1: Emission	EN 55014-1	2006
IEC/CISPR 16-2-1	2008	Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-1: Methods for measurement of disturbances and immunity – Conducted disturbance measurements	EN 55016-2-1	2009
IEC/CISPR 16-2-2	2003	Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-2:	EN 55016-2-2	2004
+ A1	2004	Methods for measurement of disturbances and immunity – Measurement of disturbance power	+ A1	2005
+ A2	2005		+ A2	2005
IEC/CISPR 16-2-3	2006	Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-3: Methods for measurement of disturbances and immunity – Radiated disturbance measurements	EN 55016-2-3	2006
IEC/CISPR 16-3	2003	Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 3:	–	–
+ A1	2005	CISPR technical reports		
+ A2	2006			
IEC 60050-161	1990	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) –	–	–
+ A1	1997	Chapter 161: Electromagnetic compatibility		
+ A2	1998			