

**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**

Inhalt		Seite
Einleitung		6
1 Anwendungsbereich		7
2 Normative Verweisungen		7
3 Begriffe		8
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

	Seite
7.1 Allgemeines	32
7.2 Eingangsimpedanz	32
7.3 Grundlegende Eigenschaften	33
7.4 Messgenauigkeit bei Sinusspannungen	34
7.5 Anzeigeverhalten bei Impulsen	34
7.6 Selektionseigenschaften	36
7.7 Intermodulationseffekte, Empfängerrauschen und Schirmdämpfung	36
8 Messempfänger 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	44
Anhang A (normativ) Bestimmung der Pulsbewertung von Messempfängern mit Quasispitzenwert- und Effektivwert-Mittelwert-Detektor (siehe 3.6, 4.4.2, 7.3.2 und 7.5.1)	45
A.1 Allgemeines	45
A.2 Impulsantwort der Stufen vor dem Detektor	45
A.3 Impulsantwort des Quasispitzenwert-Detektors auf das Ausgangssignal der vorhergehenden Stufen	46
A.4 Impulsantwort des Effektivwertdetektors auf das Ausgangssignal der vorhergehenden Stufen	48
A.5 Beziehung zwischen den Anzeigen eines Messempfängers mit Effektivwert- und mit Quasispitzenwertdetektor	49
Anhang B (normativ) Bestimmung des Spektrums eines Pulsgenerators (siehe 4.4, 5.5, 6.5 und 7.5)	51
B.1 Pulsgenerator	51
B.2 Allgemeines Messverfahren	51
Anhang C (normativ) Genaue Messungen der Ausgangsgröße von Nanosekunden-Pulsgeneratoren (siehe 4.4, 5.5, 6.5 und 7.5)	53
C.1 Messung der Impulsfläche (A_{imp})	53
C.2 Pulsgenerator-Spektrum	54
Anhang D (normativ) Einfluss der Eigenschaften von Messempfängern mit Quasispitzenwertdetektor auf ihre Pulsbewertungskurve (siehe 4.4.2)	55
Anhang E (normativ) Impulsverhalten von Mittelwert- und Spitzenwert-Messempfängern (siehe 6.3.1)	56
E.1 Impulsverhalten der Stufen vor dem Gleichrichter	56
E.2 Übersteuerungsfaktor	56
E.3 Beziehung zwischen den Anzeigen eines Messempfängers mit Mittelwert und mit Quasispitzenwertdetektor	57
E.4 Messempfänger mit Spitzenwertdetektor	58
E.5 Beziehung zwischen den Anzeigen eines Messempfängers mit Spitzenwert- und mit Quasispitzenwertdetektor	58

	Seite
E.6 Prüfung der Pulsbewertung von Messempfängern oberhalb 1 GHz	59
E.7 Messung der Impulsbandbreite eines Messempfängers	60
Anhang F (normativ) Funktionsprüfung bezüglich der Ausnahmeregelungen von der Definition eines Knackes entsprechend CISPR 14-1:2015, 4.2.3	65
Anhang G (informativ) Begründung für die Festlegung der APD-Messfunktion	73
Anhang H (informativ) Eigenschaften von Messempfängern mit Quasispitzenwertdetektor	76
Anhang I (informativ) Beschreibung der Architektur von Funkstörmessempfängern und durchsuchenden Spektrumanalysatoren	77
Anhang J (informativ) Anforderungen aus der Verwendung eines externen Vorverstärkers mit einem Messempfänger	79
J.1 Allgemeines	79
J.2 Betrachtungen zum bestmöglichen Entwurf von Messsystemen für Aussendungsmessungen	79
J.3 Festlegungen zur Linearität und Vorkehrungen bei den Messungen	82
J.4 Erkennen der Übersteuerung eines externen Vorverstärkers in einem auf der Breitband- FFT-Analyse beruhenden Messsystem	89
Anhang K (normativ) Anforderungen an die Kalibrieranforderungen für Messempfänger	91
K.1 Allgemeines	91
K.2 Kalibrierung und Verifizierung	91
K.3 Besonderheiten der Kalibrierung und Verifizierung	92
K.4 Besonderheiten des Messempfängers	92
K.5 Teilweise Kalibrierung von Messempfängern	93
K.6 Ermittlung der Übereinstimmung eines Messempfängers mit zutreffenden Festlegungen	94
Literaturhinweise	95
Bilder	
Bild 1 – Pulsbewertungskurve (Band A)	14
Bild 2 – Pulsbewertungskurve (Band B)	15
Bild 3 – Pulsbewertungskurve (Bänder C und D)	15
Bild 4 – Theoretische Pulsbewertungskurven von Messempfängern mit Quasispitzenwert- und mit Mittelwertdetektor (siehe 6.5.4)	16
Bild 5 – Grenzen der Gesamt-Selektionskurve – Durchlassbereich (Band A) (siehe 4.4.1, 5.6, 6.6, 7.6)	19
Bild 6 – Grenzen der Gesamt-Selektionskurve – Durchlassbereich (Band B) (siehe 4.4.1, 5.6, 6.6, 7.6)	19
Bild 7 – Grenzen der Gesamt-Selektionskurve – Durchlassbereich (Bänder C und D) (siehe 4.4.1, 5.6, 6.6, 7.6)	20
Bild 8 – Anordnung zur Prüfung von Intermodulationseffekten	21
Bild 9 – Grenzen der Gesamt-Selektionskurve – Durchlassbereich (Band E)	26
Bild 10 – Blockschaltbild eines Mittelwertdetektors	30
Bild 11 – Bildschirmausdruck, der das Anzeigeverhalten des Netzwerks, welches das Anzeigeelement nachbildet, bei einem intermittierenden schmalbandigen Signal zeigt	31
Bild 12 – Beispiel für einen Knackstöranalysator	39

	Seite
Bild 13 – 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	57
Bild E.2 – Pulsgleichungskoeffizient P	59
Bild E.3 – Beispiel (Screenshot eines Spektrums) eines pulsmodulierten Signals mit einer Impulsbreite von 200 ns	60
Bild E.4 – Pulsmoduliertes HF-Signal, das an einen Messempfänger angelegt wird	61
Bild E.5 – Filterung mit einer Bandbreite B_{imp} , die sehr viel kleiner als die Pulsfrequenz f_p ist.....	62
Bild E.6 – Filterung mit einer Bandbreite B_{imp} , die sehr viel größer als die Pulsfrequenz f_p ist.....	62
Bild E.7 – Berechnung der Impulsbandbreite	63
Bild E.8 – Beispiel einer normalisierten linearen Selektionsfunktion.....	64
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	72
Bild G.1 – Blockschaltbild des APD-Messkreises ohne A/D-Wandler.....	74
Bild G.2 – Blockschaltbild des APD-Messkreises mit A/D-Wandler	74
Bild G.3 – Beispiel für die Anzeige einer APD-Messung	75
Bild I.1 – Beispiel eines Blockschaltbilds eines Funkstörmessempfängers, der aus einem durchsuchenden Spektrumanalysator mit zusätzlicher Vorselektion, zusätzlichem Vorverstärker und Quasispitzenwert-/Mittelwertdetektor besteht.....	77
Bild J.1 – Messempfänger mit Vorverstärker.....	81
Bild J.2 – Übertragungsfunktion eines Verstärkers	83
Bild J.3 – Signalantwort bei einem Sinussignal	83
Bild J.4 – Signalantwort bei einem Impuls	83
Bild J.5 – Abweichungen gegenüber der Linearität der Verstärkung für ein unmoduliertes Sinussignal (Beispiel)	84
Bild J.6 – Abweichungen gegenüber der Linearität der Verstärkung für ein mit einem Quasispitzenwertdetektor gemessenes Breitband-Impulssignal (Beispiel)	85
Bild J.7 – Screenshot einer Sperrfilterprüfung bei einem Vorverstärker bei ungefähr 818 MHz.....	86
Bild J.8 – Ergebnis einer Sperrfilterprüfung mit Messempfänger bei 818 MHz.....	87
Bild J.9 – Ergebnis einer Sperrfilterprüfung für den gleichen 10-dB-Vorverstärker, jedoch einen anderen Messempfänger mit Vorselektion (schwarz) und ohne Vorselektion (blau).....	87
Bild J.10 – Ergebnisse einer Sperrfilterprüfung für den gleichen 10-dB-Vorverstärker, jedoch mit dem Messempfänger nach Bild J.9 mit Vorselektion (schwarz) und ohne Vorselektion (grün).....	88
Bild J.11 – Bewertungsfunktionen der verschiedenen Arten von CISPR-Messdetektoren mit einer Rauschkurve zur Verdeutlichung des jeweils verbleibenden Arbeitsbereichs bei Breitband-Impulssignalen (Beispiel).....	89
Bild K.1 – Verfahren der Ermittlung der Übereinstimmung mit den Anforderungen unter Anwendung der Messunsicherheit	94
Tabellen	
Tabelle 1 – Eigenschaften von Prüfpulsen für Messempfänger mit Quasispitzenwertdetektor	13

	Seite
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
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	51
Tabelle E.1 – Werte für B_{imp} und A_{imp} für einen Messempfänger mit Spitzenwertdetektor	58
Tabelle E.2 – Trägerpegel für ein pulsmoduliertes Signal von 1,4 nVs	60
Tabelle F.1 – Knackstöranalysator-Prüfsignale	66
Tabelle H.1 – Eigenschaften von Messempfängern mit Quasispitzenwertdetektor.....	76
Tabelle J.1 – Beispiele von Vorverstärker- und Messempfänger-Kennwerten und daraus resultierende Rauschmaße des Messsystems	82
Tabelle K.1 – Zusammenstellung der Parameter für die Verifizierung	93