

**Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) –  
Teil 4-6: Prüf- und Messverfahren –  
Störfestigkeit gegen leitungsgeführte Störgrößen, induziert durch hochfrequente  
Felder**

**Inhalt**

	Seite
Einleitung .....	6
1 Anwendungsbereich .....	7
2 Normative Verweisungen .....	7
3 Begriffe .....	7
4 Allgemeines .....	9
5 Prüfschärfegrade (Prüfpegel) .....	11
6 Prüfeinrichtung und Verfahren der Einstellung der Prüfpegel .....	13
6.1 Prüfgenerator .....	13
6.2 Koppel-/Entkoppelinrichtungen .....	14
6.3 Nachweis der asymmetrischen Impedanz am Prüflingsanschluss von Koppel-/Entkoppelinrichtungen .....	21
6.4 Einstellung des Prüfgenerators .....	24
7 Prüfaufbau für Tisch- und Standgeräte .....	27
7.1 Prüfaufbau .....	27
7.2 Prüflinge, die aus einer einzigen Einheit bestehen .....	27
7.3 Prüflinge, die aus mehreren Einheiten bestehen .....	28
7.4 Regeln für die Auswahl des Einkopplungsverfahrens und der Prüfpunkte .....	29
7.5 Verfahren für die Einspeisung mit dem Koppel-/Entkoppelnetzwerk .....	31
7.6 Einspeisung mit der Koppelzange, wenn die Anforderungen an die asymmetrische Impedanz erfüllt werden können .....	33
7.7 Einspeisung mit der Koppelzange, wenn die Anforderungen zur asymmetrischen Impedanz nicht erfüllt werden können .....	35
7.8 Anwendung der direkten Einspeisung .....	35
8 Prüfverfahren .....	36
9 Bewertung der Prüfergebnisse .....	36
10 Prüfbericht .....	37
Anhang A (normativ) Elektromagnetische Koppelstrecken und Entkoppelzangen .....	39
A.1 Elektromagnetische (EM-)Koppelstrecke .....	39
A.2 Charakterisierung der elektromagnetischen (EM-)Koppelstrecke .....	41
A.3 Charakterisierung der Entkoppelzange .....	46
Anhang B (informativ) Auswahlkriterien für den anzuwendenden Frequenzbereich .....	49
Anhang C (informativ) Anleitung für die Auswahl der Prüfschärfegrade .....	51
Anhang D (informativ) Informationen über Koppel-/Entkoppelnetzwerke .....	52
D.1 Grundeigenschaften der Koppel-/Entkoppelnetzwerke .....	52
D.2 Beispiele von Koppel-/Entkoppelnetzwerken .....	52

	Seite
Anhang E (informativ) Informationen zu den Anforderungen an den Prüfgenerator.....	57
Anhang F (informativ) Prüfaufbau für große Prüflinge.....	58
F.1 Einleitung.....	58
F.2 Prüfaufbau für große Prüflinge.....	58
Anhang G (informativ) Messunsicherheit beim Spannungsprüfpegel.....	61
G.1 Allgemeines.....	61
G.2 Allgemeine Formelzeichen.....	61
G.3 Unsicherheitsbilanzen für die Prüfverfahren.....	61
G.4 Darstellung der berechneten Messunsicherheit und ihre Anwendung.....	73
G.5 Literaturhinweise.....	74
Anhang H (informativ) Messung der Impedanz der Zusatz-/Hilfseinrichtung.....	75
H.1 Einleitung.....	75
H.2 Asymmetrische Impedanz.....	75
Anhang I (informativ) Anschluss-zu-Anschluss-Einkopplung.....	79
I.1 Einleitung.....	79
I.2 Prüfaufbau für die Einkopplung auf identische Anschlüsse.....	79
I.3 Anleitung für die Bereitstellung einer idealen Impedanz der Zusatz-/Hilfseinrichtung.....	80
Anhang J (informativ) Kompression und Nichtlinearität des Verstärkers.....	82
J.1 Zweck der Begrenzung der Verzerrung des Verstärkers.....	82
J.2 Mögliche Probleme, die durch Oberschwingungen und Sättigung verursacht werden.....	82
J.3 Begrenzung des Oberschwingungsgehalts des Störsignals.....	83
J.4 Begrenzung des Oberschwingungsgehalts des Störsignals.....	83
Literaturhinweise.....	87
<b>Bilder</b>	
Bild 1a – Darstellung der elektromagnetischen Felder in der Nähe des Prüflings, die durch asymmetrische Ströme auf seinen Leitungen verursacht werden.....	10
Bild 1b – Prinzipschaltbild für Prüfungen der Störfestigkeit gegen leitungsgeführte HF-Störgrößen.....	11
Bild 1 – Prüfung der Störfestigkeit gegen leitungsgeführte HF-Störgrößen.....	11
Bild 2 – Definition der Wellenform am Ausgang des Prüflingsanschlusses einer Koppereinrichtung (EMK für Prüfschärfegrad 1).....	12
Bild 3 – Aufbau des Prüfgenerators.....	14
Bild 4a – Liste der in den nachfolgenden Aufbauten verwendeten Symbole.....	15
Bild 4b – Prinzip der direkten Einkopplung auf geschirmte Leitungen.....	15
Bild 4c – Prinzip der Einkopplung auf ungeschirmte Leitungen nach dem CDN-Verfahren.....	16
Bild 4d – Prinzip der Entkopplung.....	16
Bild 4 – Prinzip der Kopplung und Entkopplung.....	16
Bild 5 –Prinzip der Kopplung und Entkopplung mit dem Koppelzangenverfahren.....	19
Bild 6 – Beispiel für eine Schaltung für die Pegeleinstellung in einer 150- $\Omega$ -Prüfhalterung.....	20
Bild 7 – Beispiel für eine Schaltung zur Ermittlung der Leistungsmerkmale der Stromzange.....	20

	Seite
Bild 8a – Beispiel für die geometrischen Einzelheiten des Aufbaus zur Überprüfung der Impedanzeigenschaften der Koppel-/Entkoppelnetzwerke.....	22
Bild 8b – Prinzip des Aufbaus zur Überprüfung von $Z_{ce}$ der Koppel-/Entkoppelnetzwerke.....	23
Bild 8c – Prinzip des Aufbaus zur Überprüfung der Einfügungsdämpfung von zwei 150- $\Omega$ -zu-50- $\Omega$ -Übergängen.....	23
Bild 8d – Schaltkreis des 150- $\Omega$ -zu-50- $\Omega$ -Übergangs.....	23
Bild 8e – Beispiel für das Konstruktionsbild des 150- $\Omega$ -zu-50- $\Omega$ -Übergangs (150 mm $\times$ 150 mm-Beispiel).....	23
Bild 8 – Einzelheiten der Aufbauten und Komponenten zur Überprüfung der wichtigsten Eigenschaften der Koppel-/Entkoppelnetzwerke und der 150- $\Omega$ -zu-50- $\Omega$ -Übergänge .....	23
Bild 9a – Festlegung des asymmetrischen Anschlusspunktes bei ungeschirmten Leitungen .....	26
Bild 9b – Festlegung des asymmetrischen Anschlusspunktes bei geschirmten Leitungen .....	26
Bild 9c – Aufbau zur Einstellung des Prüfpegels am Prüflingsanschluss von Koppel-/Entkoppelleinrichtungen .....	26
Bild 9 – Aufbau zur Einstellung des Prüfpegels .....	26
Bild 10 – Beispiel für den Prüfaufbau eines aus einer einzelnen Einheit bestehenden Prüflings (Draufsicht).....	28
Bild 11 – Beispiel für den Prüfaufbau eines aus mehreren Einheiten bestehenden Gerätes (Draufsicht).....	29
Bild 12 – Regeln für die Auswahl des Einkopplungsverfahrens.....	30
Bild 13a – Prinzipschaltbild für einen Prüfling mit zwei Anschlüssen, der mit nur einem Koppel-/Entkoppelnetzwerk verbunden ist .....	32
Bild 13b – Prinzipschaltbild, wenn die Zusatz-/Hilfseinrichtung während der Prüfung einen Fehler zeigt.....	32
Bild 13 – Prüfung der Störfestigkeit von Prüflingen mit zwei Anschlüssen, die mit nur einem Koppel-/Entkoppelnetzwerk verbunden sind .....	32
Bild 14 – Allgemeines Prinzip eines Prüfaufbaus mit Koppelzangen.....	34
Bild 15 – Beispiele für die Anordnung des Prüflings auf der Massefläche bei Verwendung von Koppelzangen (Draufsicht).....	34
Bild A.1 – Beispiel: Einzelheiten der Konstruktion der EM-Koppelstrecke.....	40
Bild A.2 – Beispiel: Konzept der EM-Koppelstrecke .....	41
Bild A.3 – Maße einer Bezugsebene .....	42
Bild A.4 – Prüfhalterung.....	42
Bild A.5 – Prüfhalterung mit eingefügter Zange .....	42
Bild A.6 – Aufbau zur Messung der Impedanz / des Entkopplungsfaktors .....	43
Bild A.7 – Typische Beispiele für die Zangenimpedanz, drei typische Zangen .....	44
Bild A.8 – Typische Beispiele für Entkopplungsfaktoren, drei typische Zangen .....	45
Bild A.9 – Aufbau für die Normalisierung der Zangenfaktormessung .....	45
Bild A.10 – Aufbau für die Messung des Koppelfaktors $S_{21}$ .....	46
Bild A.11 – Typische Beispiele für Koppelfaktoren, drei typische Zangen.....	46
Bild A.12 – Aufbau zur Messung der Impedanz / des Entkopplungsfaktors .....	47
Bild A.13 – Typische Beispiele für die Impedanz der Entkoppelzange.....	47

	Seite
Bild A.14 – Typische Beispiele für Entkoppelfaktoren .....	48
Bild B.1 – Startfrequenz als Funktion von Leitungslänge und Größe des Gerätes (der Einrichtung) .....	50
Bild D.1 – Beispiel eines vereinfachten Schaltbildes für ein CDN-S1 für geschirmte Leitungen (siehe 6.2.1.4).....	53
Bild D.2 – Beispiel eines vereinfachten Schaltbildes für ein CDN-M1/-M2/-M3 für ungeschirmte Stromversorgungsleitungen (siehe 6.2.1.1) .....	53
Bild D.3 – Beispiel eines vereinfachten Schaltbildes für ein CDN-AF2 für ungeschirmte, unsymmetrisch betriebene Leitungen (siehe 6.2.1.3) .....	54
Bild D.4 – Beispiel eines vereinfachten Schaltbildes für ein CDN-T2 für ungeschirmte, symmetrisch betriebene Leitungen (siehe 6.2.1.2).....	54
Bild D.5 – Beispiel eines vereinfachten Schaltbildes für ein CDN-T4 für ungeschirmte, symmetrisch betriebene Leitungen (siehe 6.2.1.2).....	55
Bild D.6 – Beispiel eines vereinfachten Schaltbildes für ein CDN-AF8 für ungeschirmte, symmetrisch betriebene Leitungen (siehe 6.2.1.3) .....	55
Bild D.7 – Beispiel eines vereinfachten Schaltbildes für ein CDN-T8 für ungeschirmte, symmetrisch betriebene Leitungen (siehe 6.2.1.2).....	56
Bild F.1 – Beispiel für den Prüfaufbau mit angehobener horizontaler Bezugsmassefläche zur Prüfung von großen Prüflingen .....	59
Bild F.2 – Beispiel für den Prüfaufbau mit vertikaler Bezugsmassefläche zur Prüfung von großen Prüflingen .....	60
Bild G.1 – Beispiel für Einflüsse auf den Spannungsprüfpegel bei Verwendung von Koppel-/Entkoppelnetzwerken .....	62
Bild G.2 – Beispiel für Einflüsse auf den Spannungsprüfpegel bei Verwendung von EM-Koppelstrecken.....	62
Bild G.3 – Beispiel für Einflüsse auf den Spannungsprüfpegel bei Verwendung von Stromzangen .....	63
Bild G.4 – Beispiel für Einflüsse auf den Spannungsprüfpegel bei Verwendung von Zangen zur direkten Einspeisung .....	63
Bild G.5 – Schaltungsaufbau für die Pegeleinstellung.....	64
Bild H.1 – Impedanzmessung mit Hilfe eines Spannungsmessgeräts .....	76
Bild H.2 – Impedanzmessung mit Hilfe einer Stromsonde .....	78
Bild I.1 – Beispiel für den Prüfaufbau für die Anschluss-zu-Anschluss-Einkopplung .....	81
Bild J.1 – Aufbau für die Messung der Linearität des Verstärkers .....	84
Bild J.2 – Linearitätseigenschaften .....	85
Bild J.3 – Aufbau für die Messung der Modulationstiefe .....	85
Bild J.4 – Spektrum des amplitudenmodulierten Signals .....	86
<b>Tabellen</b>	
Tabelle 1 – Prüfschärfegrade (Prüfpegel) .....	12
Tabelle 2 – Eigenschaften des Prüfgenerators .....	13
Tabelle 3 – Hauptparameter der Kombination aus Koppel- und Entkoppelinrichtung .....	14
Tabelle 4 – Verwendung von Koppel/Entkoppelnetzwerken .....	17
Tabelle B.1 – Hauptparameter der Kombination aus Koppel- und Entkoppelinrichtung, wenn der Frequenzbereich der Prüfung auf Frequenzen oberhalb 80 MHz erweitert wird .....	49
Tabelle E.1 – Erforderliche Ausgangsleistung des Leistungsverstärkers für ein Prüfsignal von 10 V .....	57

	Seite
Tabelle G.1a – Pegeleinstellung beim Koppel-/Entkoppelnetzwerk .....	65
Tabelle G.1b – Prüfverfahren mit Koppel-/Entkoppelnetzwerk .....	65
Tabelle G.2a – Pegeleinstellung bei der EM-Koppelstrecke .....	68
Tabelle G.2b – Prüfverfahren mit EM-Koppelstrecke .....	68
Tabelle G.3a – Pegeleinstellung bei der Stromzange .....	70
Tabelle G.3b – Prüfverfahren mit Stromzange .....	70
Tabelle G.4a – Pegeleinstellung für die direkte Einkopplung .....	72
Tabelle G.4b – Prüfverfahren mit direkter Einkopplung .....	72
Tabelle H.1 – Impedanzanforderungen an die Zusatz-/Hilfseinrichtung .....	75
Tabelle H.2 – Abgeleitete Spannungsteilungsmaße für die Impedanzmessungen .....	76
Tabelle H.3 – Abgeleitete Spannungsverhältnisse für die Messungen der Impedanz der Zusatz- /Hilfseinrichtung .....	77