

Anwendungsbereich

Anwendungsbereich dieses Dokuments ist ...

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Elektromagnetische Phänomene	9
4 Die wesentlichen Schirmparameter kurzer Kabel	12
4.1 Allgemeines	12
4.2 Kopplungswiderstand Z_T	12
4.3 Kapazitive Kopplungsadmittanz Y_C	12
4.4 Speisung mit beliebigen Querschnitten	14
4.5 Umkehrbarkeit und Symmetrie	14
4.6 Bedingungen bei beliebiger Last	14
5 Lange Kabel – Gekoppelte Übertragungsleitungen	14
6 Kopplungswiderstand eines Außenleiters oder Schirms aus einem Geflecht mit Drähten	22
7 Prüfmöglichkeiten	28
7.1 Allgemeines	28
7.2 Messung des Kopplungswiderstands coaxialer Kabel	28
7.3 Messung des Kopplungswiderstands von konfektionierten Kabeln	29
7.4 Messung des Kopplungswiderstands von Steckern	29
7.5 Berechneter maximaler Schirmpegel	29
8 Vergleich der Frequenzantwort verschiedener triaxialer Prüfeinrichtungen zur Messung des Kopplungswiderstands von Kabelschirmen	34
8.1 Allgemeines	34
8.2 Physikalische Grundlagen	34
8.3 Simulationen	37
8.4 Schlussfolgerung	52
9 Grundlagen des geschirmten Messverfahrens zur Messung der Schirmdämpfung	53
9.1 Allgemeines	53
9.2 Zielvorstellung	54
9.3 Theorie des triaxialen Messverfahrens	54
9.4 Schirmdämpfung	59
9.5 Normalisierte Schirmdämpfung	61
9.6 Messergebnisse	62
9.7 Vergleich mit dem Absorberzangen-Messverfahren	64
9.8 Praktische Ausführung des Messaufbaus	64
9.9 Einfluss von Fehlanpassungen	65

	Seite
10 Grundlagen des geschirmten Schirmdämpfungs-Messverfahrens zur Messung der Schirmwirkung von Durchführungen und von elektromagnetischen Dichtungen (IEC 62153-4-10)	68
10.1 Einleitung.....	68
10.2 Theoretische Grundlagen der Prüfeinrichtungen und deren Ersatzschaltbilder	68
10.3 Bilder und Messergebnisse.....	71
10.4 Berechnung der Schirmdämpfung für eine Durchführung, wenn der Kopplungswiderstand Z_T bekannt ist.	77
11 Grundlagen des geschirmten Messverfahrens zur Messung der Schirmdämpfung von HF-Steckern und konfektionierten Kabeln (IEC 62153-4-7)	78
11.1 Physikalische Grundlagen.....	78
11.2 Prüfeinrichtung mit Rohr in Rohr.....	80
Anhang A (normativ) Liste der Symbole.....	85
Literaturhinweise	88
 Bilder	
Bild 1 – Gesamtes elektromagnetisches Feld (E_t, H_t).....	10
Bild 2 – Definition und Messung der Schirmparameter – Ein triaxialer Messaufbau	11
Bild 3 – Ersatzschaltbild für die Definition und die mögliche Messung von Z	13
Bild 4 – Ersatzschaltbild für die Definition und die mögliche Messung von $Y_c = j\omega C_T$	13
Bild 5– Elektrische Größen in einer Vorrichtung, die an allen Enden angepasst ist.	14
Bild 6 – Die Summenfunktion $S\{L, f\}$ der Kopplung am nahen (n) und am fernen (f) Ende.....	18
Bild 7 – Kopplungswiderstand eines typischen Schirms mit Einfachgeflecht	19
Bild 8 – Der Effekt der Summenfunktion – Kopplungsübertragungsfunktion eines typischen Kabels mit Schirm aus Einfachgeflecht.....	19
Bild 9 – Berechnete Kopplungsübertragungsfunktionen T_n und T_f für ein Einzelgeflecht, wenn $Z_F = 0$	20
Bild 10 – Berechnete Kopplungsübertragungsfunktionen T_n und T_f eines Kabels mit Schirm aus Einfachgeflecht. – $Im(Z_T)$ ist positiv und $Z_F = +0,5 \times Im(Z_T)$ bei hohen Frequenzen	20
Bild 11 – Berechnete Kopplungsübertragungsfunktionen T_n und T_f eines Kabels mit Schirm aus Einfachgeflecht. – $Im(Z_T)$ ist negativ und $Z_F = -0,5 \times Im(Z_T)$ bei hohen Frequenzen	21
Bild 12 – $L \cdot S$: der vollständige längenabhängige Faktor der Kopplungsfunktion T	22
Bild 13 – Kopplungswiderstand von typischen Kabeln.....	23
Bild 14 – Vollständiger Fluss	23
Bild 15 – Beitrag der „linken Hand“-Lage	24
Bild 16 – Beitrag der „rechten Hand“-Lage.....	24
Bild 17 – Komplexe Ebene, $Z_T = Re Z_T + j Im Z_T$, Frequenz f als Parameter	25
Bild 18 – Höhe (Amplitude), $ Z_T(f) $	25
Bild 19 – Typische Z_T (Zeit) Sprungantwort eines „overbraided“- und „underbraided“-Einzelgeflechts eines Koaxialkabels	26
Bild 20 – Z_T Ersatzschaltbilder eines Geflechtsschirms.....	27
Bild 21 – Vergleich der Signalpegel in einer allgemeinen Prüfeinrichtung.....	30

	Seite
Bild 22 – Triaxiale Prüfeinrichtung zur Messung des Kopplungswiderstands Z_T	34
Bild 23 – Ersatzschaltbild der triaxialen Prüfeinrichtung.....	35
Bild 24 – Simulation des Frequenzverhaltens für g	39
Bild 25 – Simulation des Frequenzverhaltens für L	39
Bild 26 – Simulation des Frequenzverhaltens für g	40
Bild 27 – Simulation des Frequenzverhaltens für g	40
Bild 28 – Simulation der 3 dB Grenzwellenlänge (L/λ_1).....	41
Bild 29 – Interpolation der simulierten 3 dB Grenzwellenlänge (L/λ_1).....	42
Bild 30 – 3 dB Produkt aus Länge \times Grenzfrequenz als Funktion der Dielektrizitätskonstanten des inneren Kreises (Kabel).....	43
Bild 31 – Messergebnis des normalisierten Spannungsabfalls eines Schirms mit einfachem Geflecht in der triaxialen Prüfeinrichtung.....	44
Bild 32 – Messergebnis des normalisierten Spannungsabfalls eines Schirms mit einfachem Geflecht in der triaxialen Prüfeinrichtung.....	44
Bild 33 – Triaxiale Prüfeinrichtung (Messrohr), Verfahren mit doppeltem Kurzschluss.....	45
Bild 34 – Simulation des Frequenzverhaltens für g	46
Bild 35 – Simulation des Frequenzverhaltens für g	47
Bild 38 – Interpolation der simulierten 3 dB Grenzwellenlänge (L/λ_1).....	48
Bild 39 – 3 dB Produkt aus Länge \times Grenzfrequenz als Funktion der Dielektrizitätskonstanten des inneren Kreises (Kabel).....	49
Bild 40 – Simulation der Frequenzantwort für g	50
Bild 41 – Interpolation der simulierten 3 dB Grenzwellenlänge (L/λ_1).....	51
Bild 42 – 3 dB Produkt aus Länge \times Grenzfrequenz als Funktion der Dielektrizitätskonstanten des inneren Kreises (Kabel).....	52
Bild 43 – Definition des Kopplungswiderstands.....	54
Bild 44 – Definition des Durchgriffsleitwerts (bzw. der Kopplungsadmittanz).....	54
Bild 45 – Triaxialer Messaufbau für Schirmdämpfung.....	55
Bild 46 – Ersatzschaltbild der Stromkreise des triaxialen Messverfahrens.....	55
Bild 47 – Berechnetes Störspannungsverhältniss für ein typisches Koaxialkabel mit Einfachgeflecht.....	57
Bild 48 – Gerechnete periodische Funktionen für $\epsilon_{r1} = 2,3$ und $\epsilon_{r2} = 1,1$	58
Bild 49 – Gerechnetes Spannungsverhältnis eines typischen Kabelschirmgeflechts.....	58
Bild 50 – Ersatzschaltbild für ein elektrisch kurzes Stück der Länge ΔL und vernachlässigter kapazitiver Kopplung.....	60
Bild 51 – Schirmdämpfung a_s des Kabeltyps RG 58 mit Einfachgeflecht, $L = 2$ m.....	62
Bild 52 – Schirmdämpfung a_s des Kabeltyps RG 58 mit Einfachgeflecht, $L = 0,5$ m.....	62
Bild 53 – Schirmdämpfung a_s des Kabeltyps HF 75 0,7/4,8 02YCY.....	63
Bild 54 – Schirmdämpfung a_s des Kabeltyps HF 75 1,0/4,8 02YCY.....	63
Bild 55 – Schirmdämpfung a_s des Kabeltyps RG 223 mit Doppelgeflecht.....	64
Bild 56 – Schematische Zusammenstellung des Messaufbaus zur Bestimmung der Schirmdämpfung a_s	65

	Seite
Bild 57 – Kurzschluss zwischen Messrohr und Kabelschirm	65
Bild 58 – Triaxiale Prüfeinrichtung, Fehlanpassungen	66
Bild 59 – Berechnetes Störspannungsverhältnis unter Berücksichtigung von Mehrfachreflexionen verursacht durch die Schirmhülse	67
Bild 60 – Berechnetes Störspannungsverhältnis unter Berücksichtigung von Mehrfachreflexionen verursacht durch die Schirmhülse	67
Bild 61 – Querschnittszeichnung einer typischen Konfiguration einer Durchführung	68
Bild 62 a, b – Querschnittszeichnung der Prüfeinrichtung mit Durchführung (a) und EMI-Dichtung (b)	69
Bild 63 – Ersatzschaltbild der Prüfeinrichtung	69
Bild 64 – Ein Zweitor	70
Bild 65a – TDR (HP) Messung der Prüfeinrichtung mit einer 50 Ohm Speiseleitung (0,5 m) und mit 75 Ohm Abschluss. Ein „Teflon-through“ Prüfmuster in der Prüfeinrichtung. Zeit 2 ns/div (ca. 20 cm/div); Impedanz 10 Ohm/Div	71
Bild 65b – TDR (Tektronix) Sprungantwort von A (Eingangs)-Tor der Prüfeinrichtung, bei Abschluss mit 50 Ohm am fernen Ende (obere Kurve, C1). Durchgangs-Übertragungs-Sprungantwort (untere Kurve, C2). „Teflon Durchführung“ als Prüfobjekt. (0,5 ns/div oder 8,5 cm/Div; 20 Ohm/Div)	72
Bild 65c – TDR (Tektronix) Sprungantwort von B (Ausgangs)-Tor der Prüfeinrichtung, bei Abschluss mit 50 Ohm am fernen Ende (obere Kurve, C2). Durchgangs-Übertragungs-Sprungantwort (untere Kurve, C1). „Teflon-Durchführung“ als Prüfmuster. (0,5 ns/div oder 8,5 cm/Div; 20 Ohm/Div)	72
Bild 66a – S-Parameter-Messung (Ballmann): „Teflon-Durchführung“ als Prüfmuster. Frequenz linear: 1 MHz bis 6 000 MHz, Pegel 10 dB/Div	73
Bild 66b – S-Parameter-Messung: „Teflon-Durchführung“ als Prüfmuster. Frequenz logarithmisch: 1 MHz bis 6 000 MHz, Pegel 10 dB/Div	73
Bild 67a – S-Parameter-Prüfeinrichtung	74
Bild 67b – TDR-Prüfeinrichtung	74
Bild 68b, c – Zeigen detaillierte Darstellungen des Kontaktbereichs der Prüfeinrichtung und geöffnete Sekundärseite	75
Bild 69 – S_{21} -Messungen: Untere Kurve (rot): Isolation des NWA; Tor 2 (Empfängereingang) des NWA, abgeschlossen mit einem Lastwiderstand von 50 Ohm-Obere Kurve (braun) Isolation der Prüfeinrichtung mit einem idealen Kurzschluss mit einer Metallplatte	75
Bild 70a und b – S_{21} -Messungen; Frequenz; 1 MHz bis 6 000 MHz a) linear und b) logarithmisch, S_{21} 10 dB/div. die obere Kurve zeigt die „Teflon-Durchführung“ als Prüfmuster und die mittlere Kurve die „Sonnenscheibe“ als Durchführung. Die beiden unteren Kurven zeigen den Kurzschluss (braun) und die Isolation (rot)	76
Bild 71 – Kopplungswiderstand Z_T einer „Sonnenscheibe“ als Durchführung, basierend auf der S_{21} - Messung in Bild 70	76
Bild 72a und b – S_{21} -Messungen der leitfähigen Kunststoff-Durchführung; a) Frequenzbereich, 1 MHz bis 6 000 MHz und 10 dB/Div; b) Zeitbereich, 0,5 ns/Div und 20 Ohm/Div. Obere Kurve (C1): TDR-Sprungantwort und untere Kurve (C2): Durchgangs-Übertragungs-Sprungantwort. Die Dämpfungen in beiden Messungen betragen ca. 60 dB	77
Bild 73 – Kopplungswiderstand Z_T der leitfähigen Kunststoff-Durchführung, basierend auf der S_{21} - Messung in Bild 72	77
Bild 74 – Definition des Kopplungswiderstands Z_T	78
Bild 75 – Berechnete Kopplungsübertragungsfunktion	80
Bild 76 – Prinzipdarstellung der Prüfeinrichtung zur Messung der Schirmdämpfung eines Steckers mit dem Rohr in Rohr Verfahren	81

	Seite
Bild 77a – Prinzipdarstellung der Prüfeinrichtung zur Messung der Kopplungsdämpfung von geschirmten symmetrischen Mehrfachsteckern	81
Bild 77b – Prinzipdarstellung der Vorbereitung von symmetrischen Steckern oder von Mehrfachsteckern zur Messung der Kopplungsdämpfung.....	82
Bild 78 – Simulation (links) und Messung (rechts), lineare Frequenzachse.....	83
Bild 79 – Simulation (links) und Messung (rechts), lineare Frequenzachse.....	83
Bild 80 – Messung der Kopplungsdämpfung eines CAT6-Steckers.....	83
Bild 81 – Kontaktwiderstände der Prüfeinrichtung.....	84
Tabellen	
Tabelle 1 – Die Kopplungsübertragungsfunktion T (Kopplungsfunktion)	17
Tabelle 2 – Schirmwirkung von Kabeln – Prüfverfahren für Kopplungswiderstand Z_T	32
Tabelle 3 – Abschlussbedingungen der verschiedenen Prüfeinrichtungen.....	36
Tabelle 4 – Parameter der verschiedenen Prüfeinrichtungen	38
Tabelle 5 – Produkt aus Länge \times Grenzfrequenz.....	42
Tabelle 6 – Typische Werte für den Faktor ν , für einen inneren Durchmesser des Rohrs von 40 mm und einem Ausgangswiderstand des Generators von 50 Ω	45
Tabelle 7 – Produkte aus Grenzfrequenz \times Länge.....	49
Tabelle 8 – Materialkombinationen und der Faktor n	51
Tabelle 9 – Produkt aus 3 dB Grenzwellenlänge \times Länge	51
Tabelle 10 – Produkt aus Länge \times Grenzfrequenz für einige typische Kabel in verschiedenen Prüfeinrichtungen	53
Tabelle 11 – Δa für typische Kabeldielektrika	61
Tabelle 12 – Vergleichswerte verschiedener Koaxialkabel	64