

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Inhalt

| | Seite |
|--|-------|
| 1 Anwendungsbereich..... | 8 |
| 2 Normative Verweisungen | 8 |
| 3 Elektromagnetische Phänomene | 8 |
| 4 Die wesentlichen Schirmparameter kurzer Kabel | 10 |
| 4.1 Kopplungswiderstand Z_T | 10 |
| 4.2 Kapazitive Kopplungsadmittanz Y_C | 10 |
| 4.3 Speisung mit beliebigen Querschnitten | 11 |
| 4.4 Umkehrbarkeit und Symmetrie..... | 12 |
| 4.5 Bedingungen bei beliebiger Last..... | 12 |
| 5 Lange Kabel – Gekoppelte Übertragungslinien | 12 |
| 6 Kopplungswiderstand eines Außenleiters oder Schirms aus einem Geflecht mit Drähten..... | 18 |
| 7 Prüfmöglichkeiten..... | 24 |
| 7.1 Messung des Kopplungswiderstandes koaxialer Kabel..... | 24 |
| 7.2 Messung des Kopplungswiderstandes von konfektionierten Kabeln..... | 25 |
| 7.3 Messung des Kopplungswiderstandes von Steckern | 25 |
| 7.4 Berechneter maximaler Schirmpegel..... | 26 |
| 8 Vergleich der Frequenzantwort verschiedener triaxialer Prüfeinrichtungen zur Messung des Kopplungswiderstandes von Kabelschirmen | 30 |
| 8.1 Einführung | 30 |
| 8.2 Physikalische Grundlagen..... | 30 |
| 8.2.1 Triaxiale Prüfeinrichtung | 30 |
| 8.2.2 Kopplungsgleichungen..... | 32 |
| 8.3 Simulationen..... | 33 |
| 8.3.1 Allgemeines..... | 33 |
| 8.3.2 Simulation der Standardverfahren und der vereinfachten Verfahren nach EN 50289-1-6, IEC 61196-1 (Verfahren 1 und 2) und IEC 62153-4-3 (Verfahren A) | 34 |
| 8.3.3 Simulation der Verfahren mit doppeltem Kurzschluss | 40 |
| 8.4 Schlussfolgerung..... | 47 |
| 8.5 Referenzen..... | 47 |
| 9 Grundlagen des geschirmten Messverfahrens zur Messung der Schirmdämpfung (IEC 62153-4-4)..... | 48 |
| 9.1 Einführung | 48 |
| 9.2 Zielvorstellung | 48 |

| | Seite |
|---|-------|
| 9.3 Theorie des triaxialen Messverfahrens | 49 |
| 9.4 Schirmdämpfung | 54 |
| 9.5 Normalisierte Schirmdämpfung | 55 |
| 9.6 Messergebnisse | 56 |
| 9.7 Vergleich mit dem Absorberzangen-Messverfahren | 58 |
| 9.8 Praktische Ausführung des Messaufbaus | 59 |
| 9.9 Einfluss von Fehlanpassungen | 60 |
| 9.10 Literatur | 62 |
| Anhang A (normativ) Liste der Symbole | 64 |
| | |
| Bild 1 – Einfallende (i), gestreute (s) und resultierende Gesamt elektromagnetische Felder (E_t, H_t) mit induziertem Oberflächenstrom und Oberflächen-Ladungsdichten J (A/m) und σ (C/m ²) | 9 |
| Bild 2 – Definition und Messung der Schirmparameter – Ein triaxialer Messaufbau | 9 |
| Bild 3 – Definition und Messung von Schirmparametern – Ersatzschaltbilder | 11 |
| Bild 4 – Die Summenfunktion $S\{l \cdot f\}$ der Kopplung am nahen (n) und am fernen (f) Ende | 15 |
| Bild 5 – Der Effekt der Summenfunktion | 16 |
| Bild 6 – Die Effekte von Z_T und Z_F auf die Kopplungsübertragungsfunktion T_n und T_f | 17 |
| Bild 7 – $l \cdot S$: der vollständige längenabhängige Faktor der Kopplungsfunktion T (siehe Tabelle 1) | 18 |
| Bild 8 – Kopplungswiderstand von typischen Kabeln | 19 |
| Bild 9 – Magnetische Kopplung im Geflecht | 20 |
| Bild 10 – Gemessener Kopplungswiderstand Z_T (Gleichstromwiderstand Z_T (d.c.) ist auf einen Wert von 10 mΩ/m gesetzt) | 21 |
| Bild 11 – Typische Z_T (Zeit) Sprungantwort eines overbraided und underbraided Einzelgeflechtes eines Koaxialkabels | 22 |
| Bild 12 – Z_T Ersatzschaltbilder eines Geflechtsschirms | 23 |
| Bild 13 – Beispiel der Visualisierung des maximal messbaren Signalpegels | 26 |
| Bild 14 – Triaxiale Prüfeinrichtung zur Messung des Kopplungswiderstands Z_T | 30 |
| Bild 15 – Ersatzschaltbild des Triaxialverfahrens | 30 |
| Bild 16 – Simulation des Frequenzverhaltens für verschiedene Faktoren von $\nu = Z_2/R_{2f}$ mit ϵ_{r1} = 2,3 (massiv PE), $\epsilon_{r2} = 1,0$; $n = 0,659$ | 35 |
| Bild 17 – Simulation des Frequenzverhaltens für verschiedene Faktoren von $\nu = Z_2/R_{2f}$ mit $\epsilon_{r1} = 1,6$ (geschäumtes PE), $\epsilon_{r2} = 1,0$; $n = 0,791$ | 35 |
| Bild 18 – Simulation des Frequenzverhaltens für verschiedene Faktoren von $\nu = Z_2/R_{2f}$ mit ϵ_{r1} = 1,3 (geschäumtes PE); $\epsilon_{r2} = 1,0$; $n = 0,877$ | 36 |
| Bild 19 – Simulation des Frequenzverhaltens für verschiedene Faktoren von $\nu = Z_2/R_{2f}$ mit ϵ_{r1} = 5 (PVC); $\epsilon_{r2} = 1,0$; $n = 0,447$ | 36 |
| Bild 20 – Simulation der 3 dB Grenzwellenlänge (L/λ_1) als Funktion des Faktors $n = \sqrt{\epsilon_{r2}}/\sqrt{\epsilon_{r1}}$ bei unterschiedlichen Faktoren $\nu = Z_2/R_{2f}$ | 37 |

| | |
|---|----|
| Bild 21 – Interpolation der simulierten 3 dB Grenzwellenlänge (L/λ_1) als Funktion des Faktors $n = \sqrt{\epsilon_{r2}}/\sqrt{\epsilon_{r1}}$ für unterschiedliche Faktoren $v = Z_2/R_{2f}$ | 37 |
| Bild 22 – 3 dB Produkt aus Länge \times Grenzfrequenz als Funktion der Dielektrizitätskonstanten des inneren Kreises (Kabel) bei unterschiedlichen Faktoren $v = Z_2/R_{2f}$ | 38 |
| Bild 23 – Messergebnis des normalisierten Spannungsabfalls eines Schirms mit einfachem Geflecht in der triaxialen Prüfeinrichtung für unterschiedliche Faktoren von $v = Z_2/R_{2f}$ mit $\epsilon_{r1} = 2,3$ (PE), $\epsilon_{r2} = 1,0$; $n = 0,659$, $Z_2 = 130 \Omega$, $L = 1$ m | 39 |
| Bild 24 – Messergebnis des normalisierten Spannungsabfalls eines Schirms mit einfachem Geflecht in der triaxialen Prüfeinrichtung für unterschiedliche Faktoren von $v = Z_2/R_{2f}$ mit $\epsilon_{r1} = 1,6$ (CELL-PE), $\epsilon_{r2} = 1,0$; $n = 0,791$, $Z_2 = 130 \Omega$, $L = 1$ m | 39 |
| Bild 25 – Triaxiale Prüfeinrichtung (Messrohr), Verfahren mit doppeltem Kurzschluss | 40 |
| Bild 26 – Simulation der Frequenzantwort für unterschiedliche Faktoren von $v = Z_2/R_{2f}$ mit $\epsilon_{r1} = 2,3$ (massiv PE), $\epsilon_{r2} = 1,0$, $n = 0,659$ | 41 |
| Bild 27 – Simulation der Frequenzantwort für unterschiedliche Faktoren von $v = Z_2/R_{2f}$ mit $\epsilon_{r1} = 1,6$ (Cell-PE), $\epsilon_{r2} = 1,0$, $n = 0,791$ | 41 |
| Bild 28 – Simulation der Frequenzantwort für unterschiedliche Faktoren von $v = Z_2/R_{2f}$ mit $\epsilon_{r1} = 1,3$ (CELL-PE), $\epsilon_{r2} = 1,0$, $n = 0,877$ | 42 |
| Bild 29 – Simulation der Frequenzantwort für unterschiedliche Faktoren von $v = Z_2/R_{2f}$ mit $\epsilon_{r1} = 5$ (PVC), $\epsilon_{r2} = 1,0$, $n = 0,447$ | 42 |
| Bild 30 – Interpolation der simulierten 3 dB Grenzwellenlänge (L/λ_1) als Funktion des Faktors $n = \sqrt{\epsilon_{r2}}/\sqrt{\epsilon_{r1}}$ für unterschiedliche Faktoren $v = Z_2/R_{2f}$ | 43 |
| Bild 31 – 3 dB Produkt aus Länge \times Grenzfrequenz als Funktion der Dielektrizitätskonstanten des inneren Kreises (Kabel) für unterschiedliche Faktoren $v = Z_2/R_{2f}$ | 44 |
| Bild 32 – Simulation der Frequenzantwort für verschiedene Faktoren von $v = Z_2/R_{2f}$ mit $\epsilon_{r1} = 2,3$ (PE), $\epsilon_{r2} = 5$ (PVC), $n = 1,474$ | 45 |
| Bild 33 – Interpolation der simulierten 3dB Grenzwellenlänge (L/λ_1) als Funktion des Faktors $n = \sqrt{\epsilon_{r2}}/\sqrt{\epsilon_{r1}}$ für $v = Z_2/R_{2f} \ll 1$ | 46 |
| Bild 34 – 3 dB Produkt aus Länge \times Grenzfrequenz als Funktion der Dielektrizitätskonstanten des inneren Kreises (Kabel) für unterschiedliche Faktoren $n = \sqrt{\epsilon_{r2}}/\sqrt{\epsilon_{r1}}$, $v = Z_2/R_{2f} \ll 1$ | 46 |
| Bild 35 – Definition des Kopplungswiderstands | 48 |
| Bild 36 – Definition des Durchgriffsleitwerts | 48 |
| Bild 37 – Triaxialer Messaufbau für Schirmdämpfung | 49 |
| Bild 38 – Ersatzschaltbild der Stromkreise des triaxialen Messverfahrens | 49 |
| Bild 39 – Rechenbeispiel des Störspannungsverhältnisses für ein typisches Koaxialkabel mit Einfachgeflecht..... | 51 |
| Bild 40 – Gerechnete Perioden für $\epsilon_{r1} = 2,3$ und $\epsilon_{r2} = 1,1$ | 52 |
| Bild 41 – gerechnetes Spannungsverhältnis, ausgegangen von:..... | 53 |
| Bild 43 – Ersatzschaltbild für ein elektrisch kurzes Stück der Länge Δl und vernachlässigter kapazitiver Kopplung | 54 |

| | |
|---|----|
| Bild 44 – Frequenzgang des logarithmischen Spannungsverhältnis $ U_2/U_1 $ in dB (linke Skala) und Schirmdämpfung a_S (rechte Skala) des Kabeltyp RG 58 mit Einfachgeflecht, Wirklänge $l = 2$ m | 56 |
| Bild 45 – Frequenzgang des logarithmischen Spannungsverhältnis $ U_2/U_1 $ in dB (linke Skala) und Schirmdämpfung a_S (rechte Skala) des Kabeltyp RG 58 mit Einfachgeflecht, Wirklänge $l = 0,5$ m | 57 |
| Bild 46 – Frequenzgang des logarithmischen Spannungsverhältnis $ U_2/U_1 $ in dB (linke Skala) und Schirmdämpfung a_S (rechte Skala) des Kabeltyp HF 75 0,7/4,8 2 YCY, $\epsilon_{r1} = 2,3$, $ \Delta v/v_1 = 45$ %, Wirklänge $l = 2$ m..... | 57 |
| Bild 47 – Frequenzgang des logarithmischen Spannungsverhältnis $ U_2/U_1 $ in dB (linke Skala) und Schirmdämpfung a_S (rechte Skala) des Kabeltyp HF 75 1,0/4,8 02 YCY, $\epsilon_{r1} = 1,7$, $ \Delta v/v_1 = 24$ %, Wirklänge $l = 2$ m..... | 58 |
| Bild 48 – Frequenzgang des logarithmischen Spannungsverhältnis $ U_2/U_1 $ in dB (linke Skala) und Schirmdämpfung a_S (rechte Skala) des Kabeltyp RG 223 mit Doppelgeflecht, Wirklänge $l = 2$ m | 58 |
| Bild 49 – Schematische Zusammenstellung des Messaufbaus zur Bestimmung der Schirmdämpfung a_S | 60 |
| Bild 50 – Kurzschluss zwischen Messrohr und Kabelschirm | 60 |
| Bild 51 – Realer triaxialer Messaufbau | 61 |
| Bild 52 – Berechnetes Störspannungsverhältnis unter Berücksichtigung von Mehrfachreflexionen, verursacht durch die Schirmhülse | 62 |
| Bild 53 – Berechnetes Störspannungsverhältnis unter Berücksichtigung von Mehrfachreflexionen, verursacht durch die Schirmhülse | 62 |
| Tabelle 1 – Die Kopplungsübertragungsfunktion T (Kopplungsfunktion) ¹⁾ | 14 |
| Tabelle 2 – Schirmwirkung von Kabeln – Prüfverfahren für Kopplungswiderstand Z_T | 28 |
| Tabelle 3 – Abschlussbedingungen der verschiedenen Prüfeinrichtungen | 32 |
| Tabelle 4 – Parameter der verschiedenen Prüfeinrichtungen | 34 |
| Tabelle 5 – Produkt aus Länge \times Grenzfrequenz | 38 |
| Tabelle 6 – Typische Werte für den Faktor v , für einen inneren Durchmesser des Rohres von 40 mm und einem Ausgangswiderstand des Generators von 50 Ω | 40 |
| Tabelle 7 – Produkte aus Grenzfrequenz \times Länge | 43 |
| Tabelle 8 - Materialkombinationen und der Faktor n | 45 |
| Tabelle 10 – Produkt aus Länge \times Grenzfrequenz für einige typische Kabel in verschiedenen Prüfeinrichtungen..... | 47 |