



Holger Brosch,
Rosenberger Hochfrequenztechnik GmbH
& Co. KG Hauptstraße 1
83413 Fridolfing, Germany
holger.brosch@rosenberger.com

Bernhard Mund bda connectivity GmbH Herborner Straße 61A 35614 Aßlar, Germany bernhard.mund@bda-c.com





Ralf Damm bda connectivity GmbH Herborner Straße 61A 35614 Aßlar, Germany ralf.damm@bda-c.com Thomas Schmid
Rosenberger Hochfrequenztechnik GmbH
& Co. KG Hauptstraße 1
83413 Fridolfing, Germany
thomas.schmid@rosenberger.com



Anwenderkongress Steckverbinder, 04. - 06. Juli 2022, Würzburg



Anwenderkongress Steckverbinder, 04. - 06. Juli 2022, Würzburg, Bernhard Mund, bda connectivity GmbH, bernhard.mund@bda-c.com

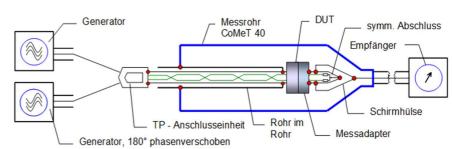
EMV-Parameter von SPE Kabeln & Steckern





Inhalt

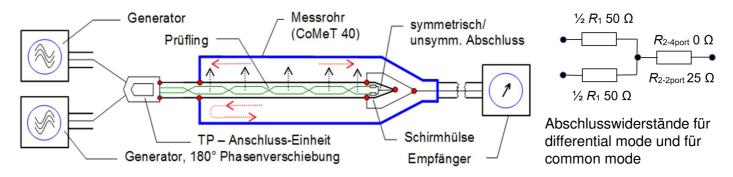
- Kopplungsdämpfung bei tiefen Frequenzen, LFCA
- Unsymmetriedämpfung bzw. Modenkonversion
- Systemverifikation
- Normalisierung
- Messungen
 - SPE Kabel
 - SPE Stecker
- Ausblick& Diskussion





Abkürzungen:

SPE = Single Pair Ethernet, **CA** = Coupling Attenuation, **LFCA** = Low Frequency Coupling Attenuation



Das symmetrische Paar wird über zwei um 180° phasenverschobene Generatoren mit einem differentiellen $100~\Omega$ Signal gespeist (virtueller Balun).

Energie koppelt zunächst aus dem "differential mode" in den "common mode "(Modenkonversion) und dann aus dem "common mode" in das Meßrohr (den Außenkreis). Durch den Kurzschluss am sendernahen Ende läuft die gesamte, in den Außenkreis gekoppelte Energie zum Empfänger.

Nach IEC 62153-4-9 kann die Kopplungsdämpfung ab 30 MHz gemessen werden. Mit der Erweiterung IEC 62153-4-9Amd1 kann jetzt mit gleichem Messaufbau auch die "Kopplungsdämpfung bei tiefen Frequenzen" (Low Frequency Coupling Attenuation, LFCA) ab 100 kHz gemessen werden. - Vorgeschlagene Messlänge 3 Meter.

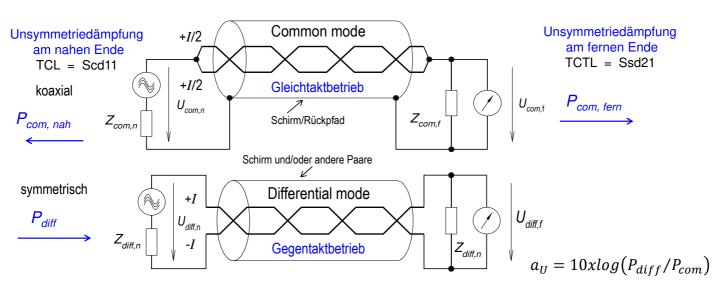
Anwenderkongress Steckverbinder, 04. - 06. Juli 2022, Würzburg, Bernhard Mund, bda connectivity GmbH, bernhard.mund@bda-c.com

3

Unsymmetriedämpfung bzw. Modenkonversion

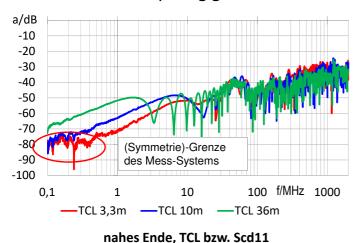
Rosenberger

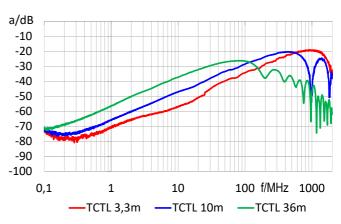




Die Unsymmetriedämpfung a_U eines symmetrischen Paares beschreibt im log. Maß, wie viel Leistung vom Gegentaktsystem in das Gleichtaktsystem überkoppelt (oder umgekehrt). Sie ist das log. Verhältnis von eingespeister Leistung im Gegentaktbetrieb P_{diff} zur in den Gleichtaktbetrieb übergekoppelten Leistung P_{com} .

einpaarig geschirmtes AWG 23/1 Kabel bei verschiedenen Längen





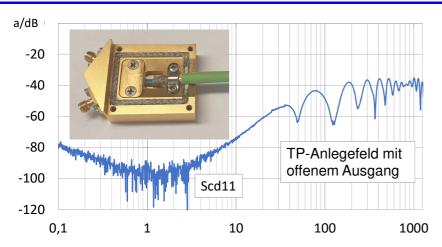
fernes Ende, TCTL bzw. Scd21

Bei hohen Frequenzen nähert sich die Unsymmetriedämpfung asymptotisch einem Grenzwert an (ca. -25 dB). Bei tiefen Frequenzen wird die Unsymmetriedämpfung höher (die Modenkonversion wird geringer), ausserdem haben hier kürzere Längen eine höhere Unsymmetriedämpfung als große Längen. Im Bereich von ca. -80 dB wird die (Symmetrie)-Grenze des Mess-Systems erreicht.

Anwenderkongress Steckverbinder, 04. - 06. Juli 2022, Würzburg, Bernhard Mund, bda connectivity GmbH, bernhard.mund@bda-c.com

5

System-Verifikation



Eine Abschätzung der System-Modenumwandlung kann durch die Messung des Parameters Scd11 eines TP-Anlegefeldes mit offenem Ausgang erfolgen.

Die Moden-Umwandlung des Mess-Systems liegt bei niedrigen Frequenzen zwischen -80 und -70 dB und steigt zu hohen Frequenzen auf ca. -40 dB an.

Rosenberger

bedea® bda connectivity

R ₁	R ₂	R ₂ -R ₁	Unsymmetrie Scd11
50	50,1	0,1	-66,0
50	50,08	0,08	-68,0
50	50,06	0,06	-70,5
50	50,04	0,04	-74,0
50	50,02	0,02	-80,0
50	50.01	0.01	-86.0

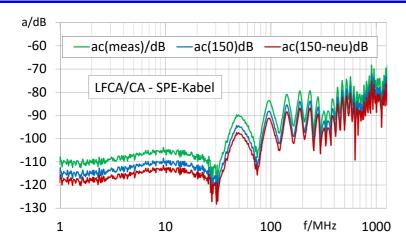
50 Ω \pm 0,1 % 50 Ω \pm 0,1 %

Bei tiefen Frequenzen kann die Unsymmetrie der Abschlusswiderstände die Unsymmetrie der Prüflinge übersteigen und die Messergebnisse verfälschen. Eine Toleranz von 0,1 % wird für SPE-Messungen als ausreichend betrachtet.

Normalisierung, CA/LFCA eines SPE-Kabels







Um die Kopplungsdämpfung $a_{\mathbb{C}}$ mit Messungen mit Absorberzangen zu vergleichen, wurde in den Normen ein willkürlich eingesetzter normalisierter Wert $Z_S = 150 \Omega$ eingeführt.

Damit ergibt sich die Kopplungsdämpfung a_C zu: $a_C = 20log_{10} \left| \frac{U_{diff}}{U_{2,max}} \right| + 10log_{10} \left| \frac{2Z_S}{Z_{diff}} \right|$ Mit Z_S = 150 Ω und Z_{diff} = 100 Ω ergibt sich ein Korrekturwert von 4,8 dB.

NWAs geben allerdings S-Parameter anstelle von Spannungsverhältnissen an.

Da der Term Udiff/U2,max häufig als S-Parameter Ssd21 interpretiert wird, wird von IEC TC 46/WG5 folgende neue Darstellung vorgeschlagen:

$$a_{C} = -20log_{10}|S_{sd21}| + 10log_{10} \left| \frac{Z_{diff}}{Z_{0}} \right| + 10log_{10} \left| \frac{2Z_{S}}{Z_{diff}} \right|$$

$$a_C = -20log_{10} |S_{sd21}| + 10log_{10} \left| \frac{2Z_S}{Z_0} \right|$$

Mit $Z_S = 150 \Omega$ und $Z_0 = 50 \Omega$ ergibt sich damit ein Korrekturwert von 7,8 dB.

Die in diesem Bericht dargestellten Messwerte sind Rohwerte ohne Umrechnung

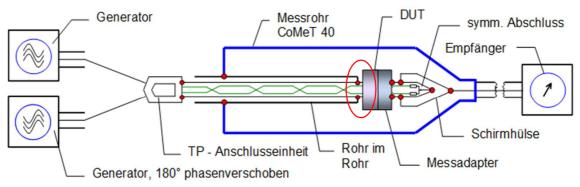
Anwenderkongress Steckverbinder, 04. - 06. Juli 2022, Würzburg, Bernhard Mund, bda connectivity GmbH, bernhard.mund@bda-c.com

7

Kopplungsdämpfung eines SPE-Steckers

Rosenberger







Messung der CA/LFCA an einem SPE-Stecker mit Rohr-in-Rohr Verfahren nach IEC 62153-4-7Ed3

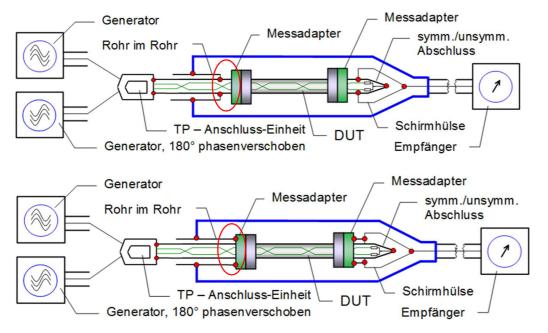
Stecker und Konfektionierung werden gemessen.

emfohlene Messlänge: 3 m (tbd)

Kopplungsdämpfung von SPE-Assemblies







Messaufbauten für SPE Assemblies mit Rohr-in-Rohr.

Das Rohr-im-Rohr kann am Speisekabel kontaktiert sein um auch die Konfektionierung zu messen (Bild oben)

oder direkt am Messadapter (Bild unten)

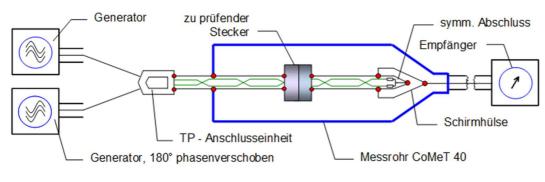
Anwenderkongress Steckverbinder, 04. - 06. Juli 2022, Würzburg, Bernhard Mund, bda connectivity GmbH, bernhard.mund@bda-c.com

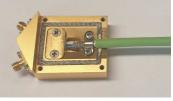
9

Assembly mit gestecktem Steckerpaar











SPE-Assembly mit Steckerpaar in der Mitte des Messrohres.

Wenn das Assembly länger als das Messrohr ist, kann das Assembly in der Mitte getrennt und dann zusammengesteckt werden.

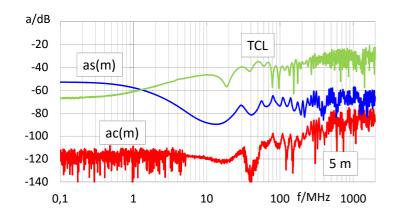
Die Messung erfolgt dann analog zur Messung von SPE-Kabeln

Empfohlene Messlänge: 3 m.

Messergebnisse verschiedener SPE-Kabel

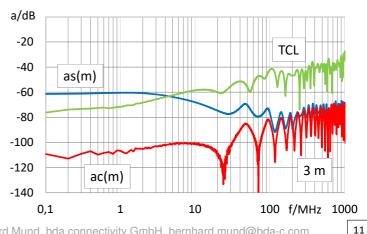
Rosenberger bda connectivity





as(m) = gemessene Schirmdämpfung ac(m) = gemessene Kopplungsdämpfung jeweils ohne Korrektur bzw. ohne Normalisierung TCL = Unsymmetriedämpfung am nahen Ende, Scd11 Unsymmetriedämpfung, Schirmdämpfung & Kopplungsdämpfung verschiedener SPE-Kabel mit Folie und Geflecht als Schirm.

Die Kopplungsdämpfung ergibt sich aus dem Zusammenwirken von Unsymmetriedämpfung und Schirmdämpfung.



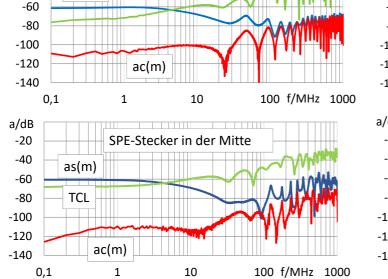
Anwenderkongress Steckverbinder, 04. - 06. Juli 2022, Würzburg, Bernhard Mund, bda connectivity GmbH, bernhard.mund@bda-c.com

Messergebnisse SPE-Kabel & Stecker, 3 m Länge

TCL

Rosenberger





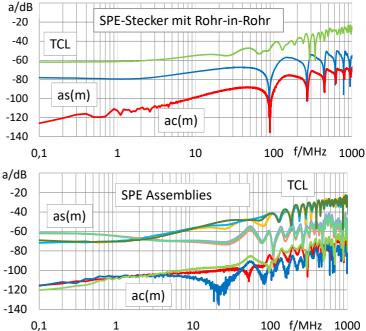
SPE-Kabel

a/dB

-20

-40

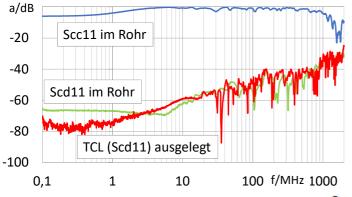
as(m)



LFCA/CA an einem ungeschirmten Kabelmuster





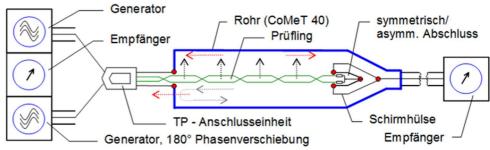


Da es beim ungeschirmten Paar keinen Schirm gibt, entfällt der Kurzschluss am nahen Ende.

Die Welle zum nahen Ende hin läuft zurück zu den Generatoren.

Daher können Kopplungsmessungen ungeschirmter Kabel und Stecker an beiden Enden durchgeführt werden. Die Kopplungsdämpfung am nahen Ende ergibt sich dabei als Scd11 was im Prinzip der Unsymmetrie bzw. dem TCL des Prüfobjektes am nahen Ende entspricht.

Kopplungsdämpfung ungeschirmter Paare IEC 62153-4-9Amd1



Anwenderkongress Steckverbinder, 04. - 06. Juli 2022, Würzburg, Bernhard Mund, bda connectivity GmbH, bernhard.mund@bda-c.com

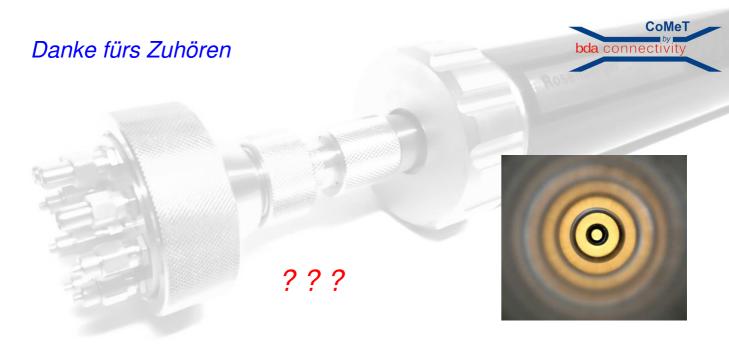
13

Zusammenfassung und Ausblick





- Die Unsymmetriedämpfung a_U eines symmetrischen Kabels beschreibt im log. Maß, wie viel Leistung vom Gegentaktsystem in das Gleichtaktsystem überkoppelt (oder umgekehrt).
- Mit der Ergänzung der IEC 62153-4-9Amd1 kann jetzt die Kopplungsdämpfung LFCA bei tiefen Frequenzen ab 100 kHz aufwärts gemessen werden.
- Die entsprechende Erweiterung der IEC 62153-4-7 für Stecker ist bei IEC TC 46/WG 5 in Vorbereitung.
- Messungen der Kopplungsdämpfung von SPE-Steckern weichen nur unwesentlich von den Werten des SPE-Kabels ab. Im Bereich bis 10 MHz liegen sie unterhalb von -100 dB und erreichen bei 1250 MHz einen Wert von ca. -70 dB. (-65 dB & -30 dB ungeschirmt)
- Zur Systemverifikation sollte der Parameter Scd11 am offenen Ausgang des Anlegefeldes gemessen werden. Eine Toleranz von 0,1 % ist für Abschlusswiderstände ausreichend.
- Zu diskutieren ist die erforderliche Messlänge für die LFCA sowie die Frage, ob für die LFCA ein normalisierter Wert $Z_S = 150 \Omega$ eingeführt werden soll.
- Die offenen Fragen fließen in die Überarbeitung der. IEC 62153-4-7Ed3 ein.
- Weitere Messungen an SPE-Kabeln und Steckern sind hierzu erforderlich.



www.bda-c.com bernhard.mund@bda-c.com

Anwenderkongress Steckverbinder, 04. - 06. Juli 2022, Würzburg, Bernhard Mund, bda connectivity GmbH, bernhard.mund@bda-c.com

Literatur





- [1] Thomas Hähner, Bernhard Mund: Test methods for screening and balance of communications cables; Proceedings of EMC Zurich, 1999, pp. 533-538
- [2] Bernhard Mund, EMV von Kabeln, Steckern und HV-Komponenten mit dem Triaxialverfahren, 7. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel Verlag Würzburg, 18./19. Juni 2013
- [3] T. Hähner, B. Mund, & T. Schmid, History and recent trends of Triaxial test procedure, Proceedings of the 67th IWCS Conference, Providence, RI, US, October 2018
- [4] Bernhard Mund & Thomas Schmid: Schirmwirkung ungeschirmter symmetrischer Paare, 13. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel Verlag Würzburg, 01. 03. Juli 2019
- [5] T. Hähner, C. Pfeiler, B. Mund & T. Schmid: EMV Parameter von einpaarigen Ethernet Kabeln, 28. ITG-Fachtagung Kommunikationskabelnetze 14./15.12. 2021 in Köln
- [11] IEC TR 62153-4-1 Introduction to electromagnetic (EMC) screening measurements
- [12] IEC 62153-4-7Ed3 Test method for measuring of transfer impedance $Z_{\rm T}$ and screening attenuation $a_{\rm S}$ or coupling attenuation $a_{\rm C}$ of connectors and assemblies up to and above 3 GHz Triaxial tube in tube method
- [13] IEC 62153-4-9Ed2 Coupling attenuation of screened balanced cables, triaxial method
- [14] EN 50289-1-9 Elektrische Prüfverfahren Unsymmetriedämpfung