

Ralf Tillmanns
Weidmueller Interface GmbH & Co. KG
Klingenbergstraße 26
32758 Detmold, Germany
ralf.tillmanns@weidmueller.com

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



emv

Stuttgart, 28. – 30.03.2023

emv Stuttgart, 28. - 30. März 2023,

Inhalt

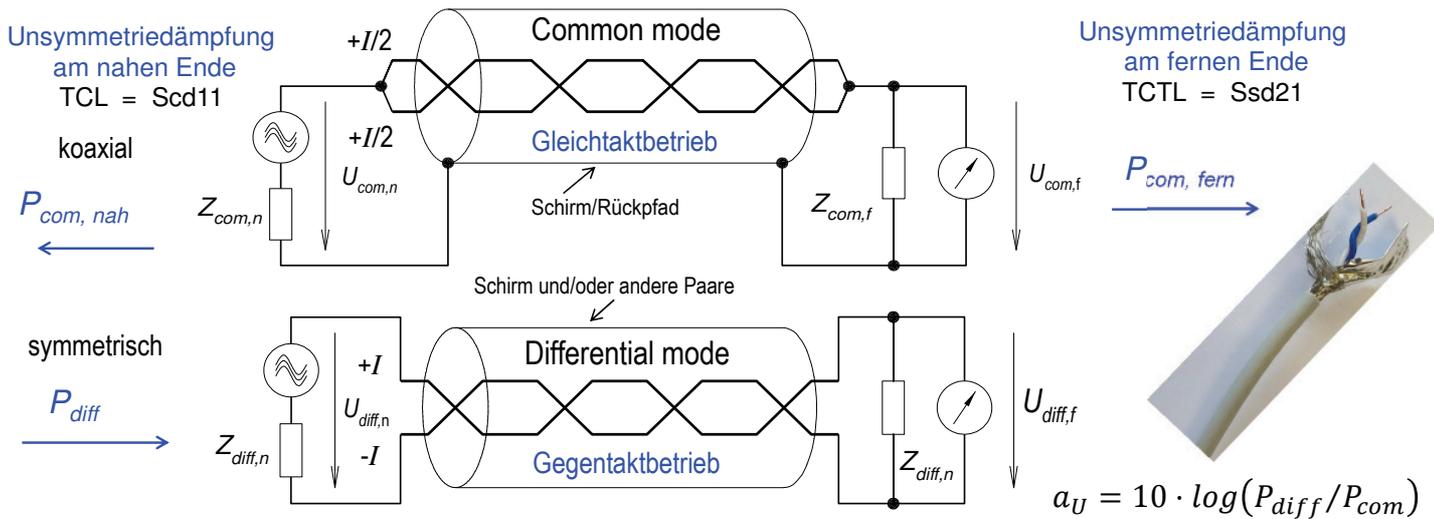
- Unsymmetriedämpfung bzw. Modenkonzersion
- Kopplungs­dämpfung bei tiefen Frequenzen, LFCA
- Systemverifikation
- Messungen SPE Kabel
- Korrelation - Kopplungs­dämpfung und Burstprüfung
- Beschreibung Burst (Beispiel 100 Base-T1)
- weitere Messungen
- Resultat und weiteres Vorgehen
- Ausblick & Diskussion



Abkürzungen:

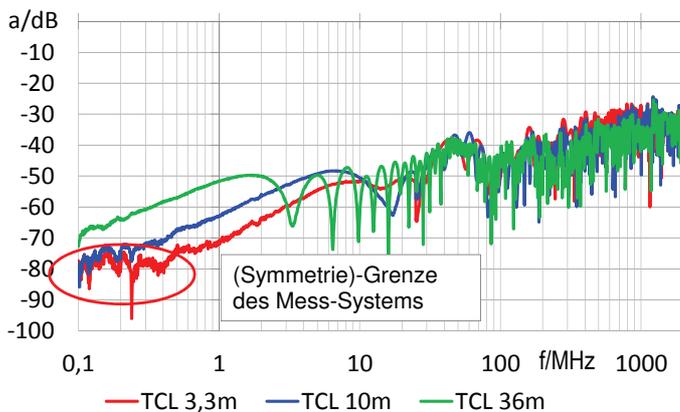
SPE = Single Pair Ethernet, **CA** = Coupling Attenuation, **LFCA** = Low Frequency Coupling Attenuation

emv Stuttgart, 28. - 30. März 2023,

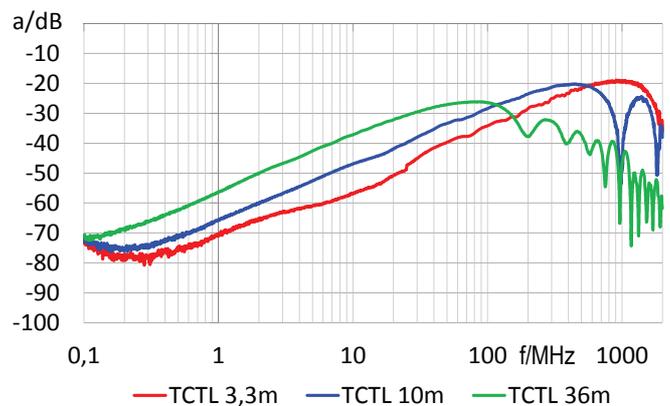


Die Unsymmetriedämpfung a_U eines symmetrischen Paares beschreibt, wie viel Leistung vom Gegentaktsystem in das Gleichtaktsystem überkoppelt (oder umgekehrt). Sie ist das log. Verhältnis von eingespeister Leistung im Gegentaktsystem P_{diff} zur in den Gleichtaktbetrieb übergekoppelten Leistung P_{com}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

einpaarig geschirmtes Kabel (SPE) bei verschiedenen Längen

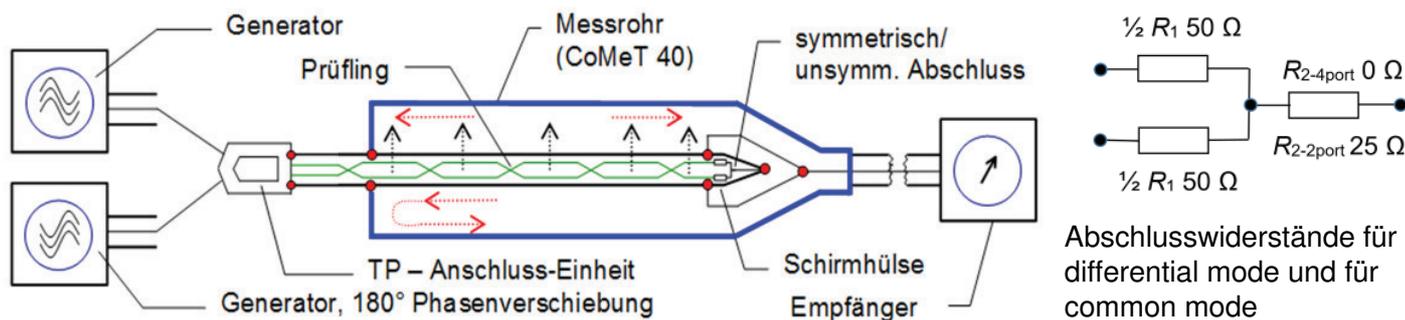


nahes Ende, TCL bzw. Scd11



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 Modenkonzersion wird geringer), ausserdem haben hier kürzere Längen eine höhere Unsymmetriedämpfung als große Längen. Im Bereich von ca. -80 dB wird die (Symmetrie)-Grenze des hier verwendeten Mess-Systems erreicht.

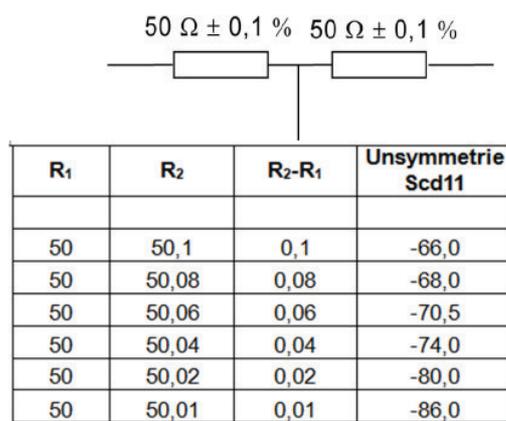
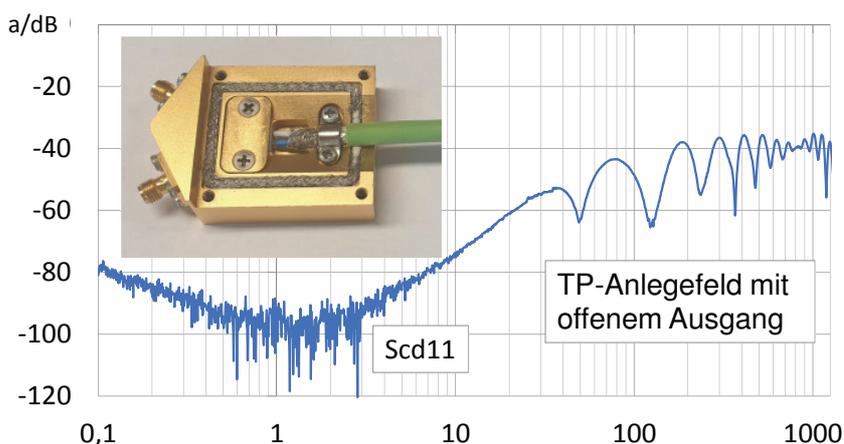


Das symmetrische Paar wird über zwei um 180° phasenverschobene Generatoren mit einem differentiellen 100 Ω Signal gespeist (virtueller Balun).

Energie koppelt zunächst aus dem "differential mode" in den "common mode" (Modenkonzersion) 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 Kopplungsämpfung ab 30 MHz gemessen werden. Mit der Erweiterung IEC 62153-4-9Amd1 kann jetzt mit gleichem Messaufbau auch die "Kopplungsämpfung bei tiefen Frequenzen" (Low Frequency Coupling Attenuation, LFCA) ab 100 kHz gemessen werden. - Vorgeschlagene Messlänge 3 Meter.

System-Verifikation

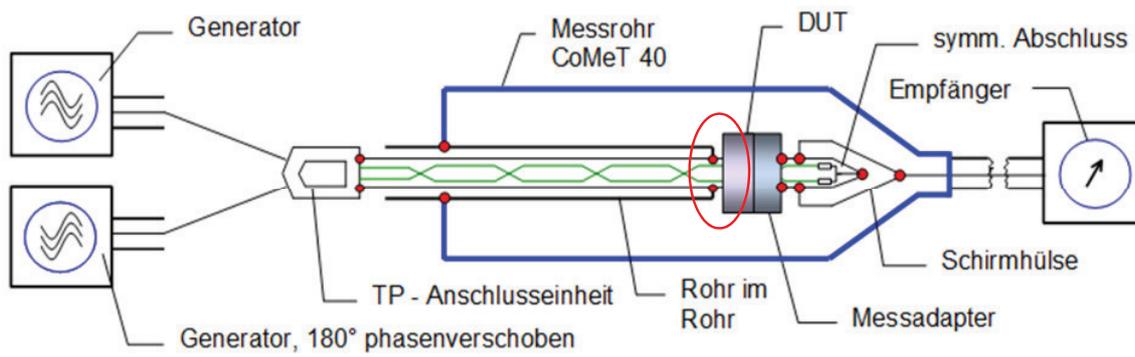


Eine Abschätzung der System-Modenumwandlung kann durch die Messung des Parameters Scd11 eines TP-Anlegefeldes mit offenem Ausgang erfolgen.

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.

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.



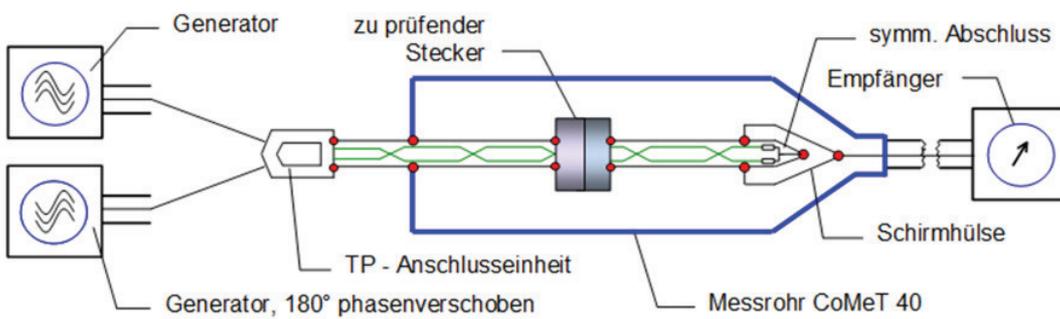
Messaufbau mit selbst gefertigtem Adapter aus SPE-Steckerpaar

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

Stecker und Konfektionierung werden gemessen,

empfohlene Messlänge: 3 m

Assembly mit gestecktem Steckerpaar

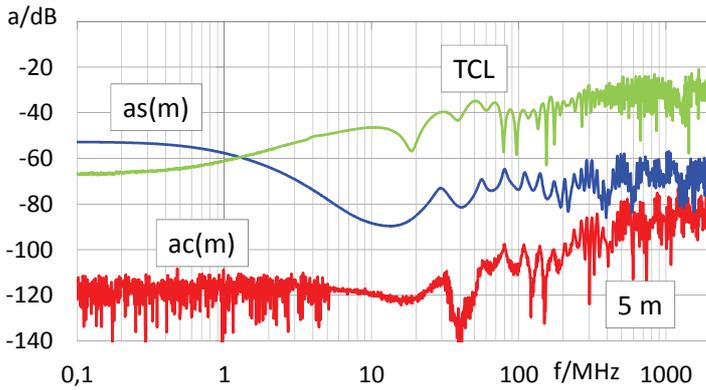


SPE-Assembly mit Steckerpaar in der Mitte des Messrohres.

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

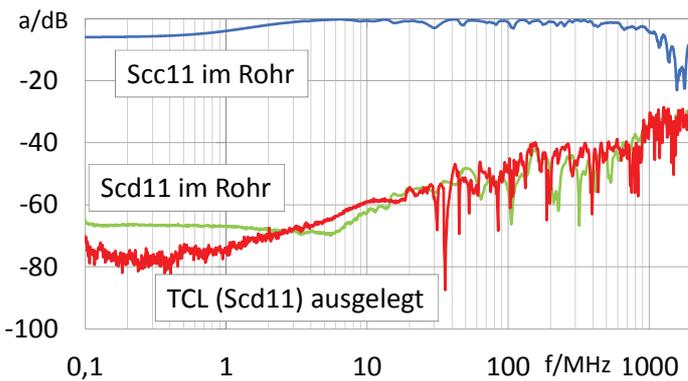
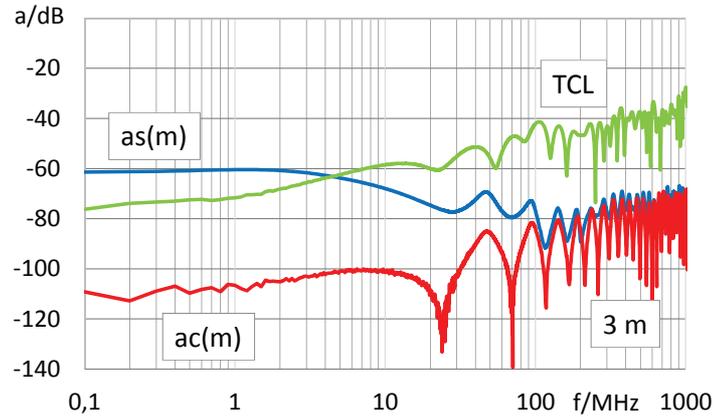
Empfohlene Messlänge: 3 m.



as(m) = gemessene Schirmdämpfung α_s
 ac(m) = gemessene Kopplungsdämpfung α_c
 jeweils ohne Korrektur bzw. ohne Normalisierung
 TCL = Unsymmetriedämpfung am nahen Ende, Scd11

Unsymmetriedämpfung, Schirmdämpfung & Kopplungsdämpfung verschiedener SPE-Kabel mit Folie und Geflecht als Schirm.

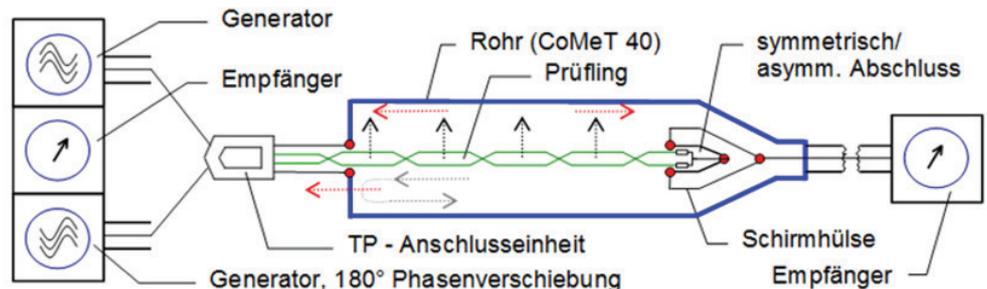
Die Kopplungsdämpfung ergibt sich aus dem Zusammenwirken von Unsymmetriedämpfung und Schirmdämpfung.



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 Prüfbjcktes am nahen Ende entspricht.

Kopplungsdämpfung ungeschirmter Paare IEC 62153-4-9Amd1



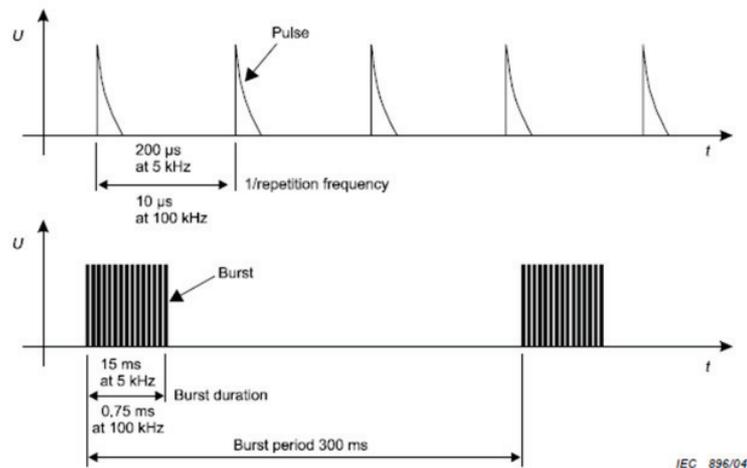
Der Zusammenhang zwischen den Prüfverfahren Koppeldämpfung und Burst soll untersucht werden. Die Koppeldämpfung bewertet die Ergebnisse in dB und der Burst in max. zulässiger Spannung (KV). Hierbei stellt sich die Frage, ob bei gemessenen Koppeldämpfungen direkt die Burstwerte angegeben werden können. Am Beispiel der Applikation einer SPE 100 Base-T1 Anwendung wird der Zusammenhang zwischen der Koppeldämpfung und dem Burst untersucht und mathematisch beschrieben.



emv Stuttgart, 28. - 30. März 2023,

Beschreibung Burst

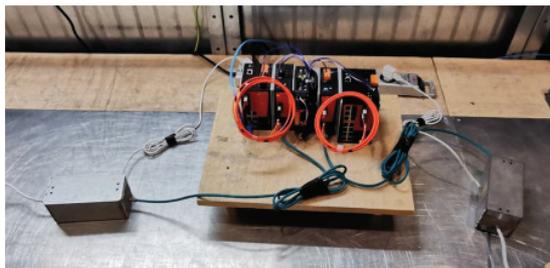
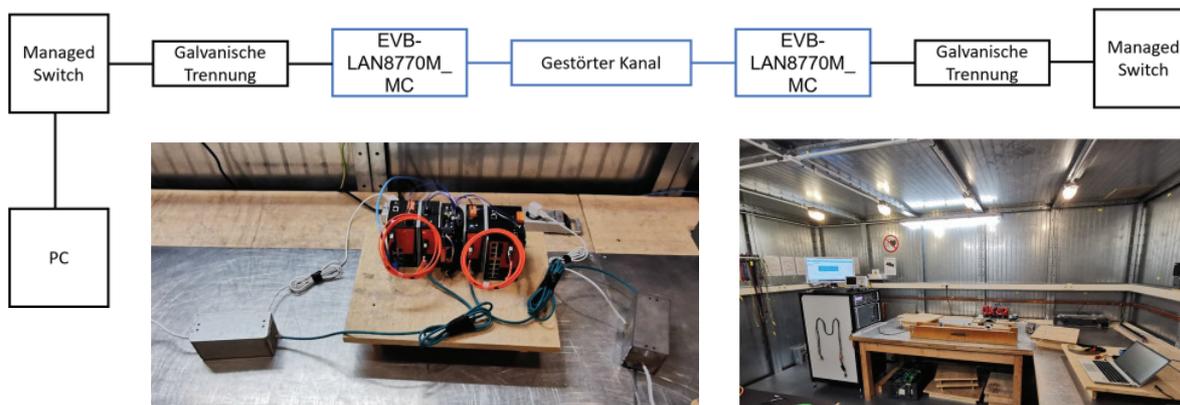
Der Test mit wiederkehrenden schnellen Transienten ist eine Prüfung mit Impulspaketen (Bursts), die aus einer Anzahl von schnellen transienten elektrischen Störgrößen bestehen, die an Stromversorgungs-, Steuer- und Signal- sowie Erdungs- bzw. Masseanschlüssen von elektrischen und elektronischen Geräten (Einrichtungen) kapazitiv eingekoppelt werden. Die Signalform ist durch die Amplitude, Anstiegszeit, und der Wiederholfrequenz normativ festgelegt.



emv Stuttgart, 28. - 30. März 2023,

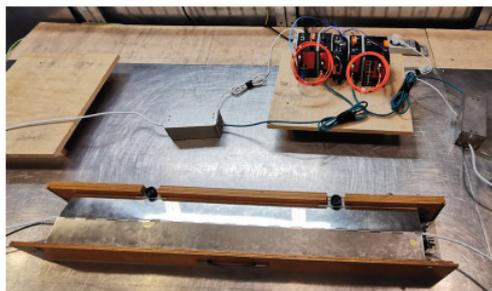
Beschreibung Burst (Beispiel 100 Base-T1)

Die Form des Burstsignals wird mit Hilfe eines Burstgenerators generiert und mit einer Koppelzange kapazitiv in das Verkabelungssystem eingekoppelt. Gleichzeitig werden Datenpakete über das Verkabelungssystem übertragen. Bewertungskriterien mit definierten Grenzwerten sind in IEC 61000-6-2 beschrieben. Für den schnellen Transienten (Burst) liegt der Grenzwert für die Datensignalübertragung bei ± 1 kV mit dem Prüfkriterium B. Das bedeutet, dass die Amplitude des Burstsignals 1 kV beträgt. Dabei dürfen Datenpakete Fehler aufweisen, aber der Betrieb der Datenübertragung ist weiterhin in Funktion.



emv Stuttgart, 28. - 30. März 2023,

Beschreibung Burst (Beispiel 100 Base-T1)



Weidmüller
Laboratory in Detmold, Germany
<https://www.weidmuller.com>

Test Report & Protocol

Report No.: n/a
Date of test: March-15-2023, 13:35
Tester: Stefan Müller
Customer: Weidmüller Interface GmbH & Co. KG
Standard used: IEC 61000-4-4 (Edition 3, 2012)
Application: Balanced Operated Lines
Temperature: 22 °C
Humidity: 40 %
Pressure: 1011 mbar

Test Result

Result: Test passed!
Packet Loss: 0/6000

(Date)

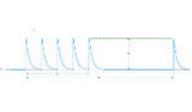
(Sign)

Test Report iec.control

Test Procedure
Pulse Name: IEC 61000-4-4 (Edition 3, 2012) : Burst (100 kHz)
Test generator: UCS500N5 Software No.: 003069
Software: iec.control Software: 6.0.6

Test Setup

V:	1750 V
f:	100 kHz
td:	0.75 ms
tr:	300 ns
Mode:	Asynchronous
Polarity:	Alternate N-P
Coupling:	50 Ohm
Test duration:	1 min
Pause between tests:	2 s

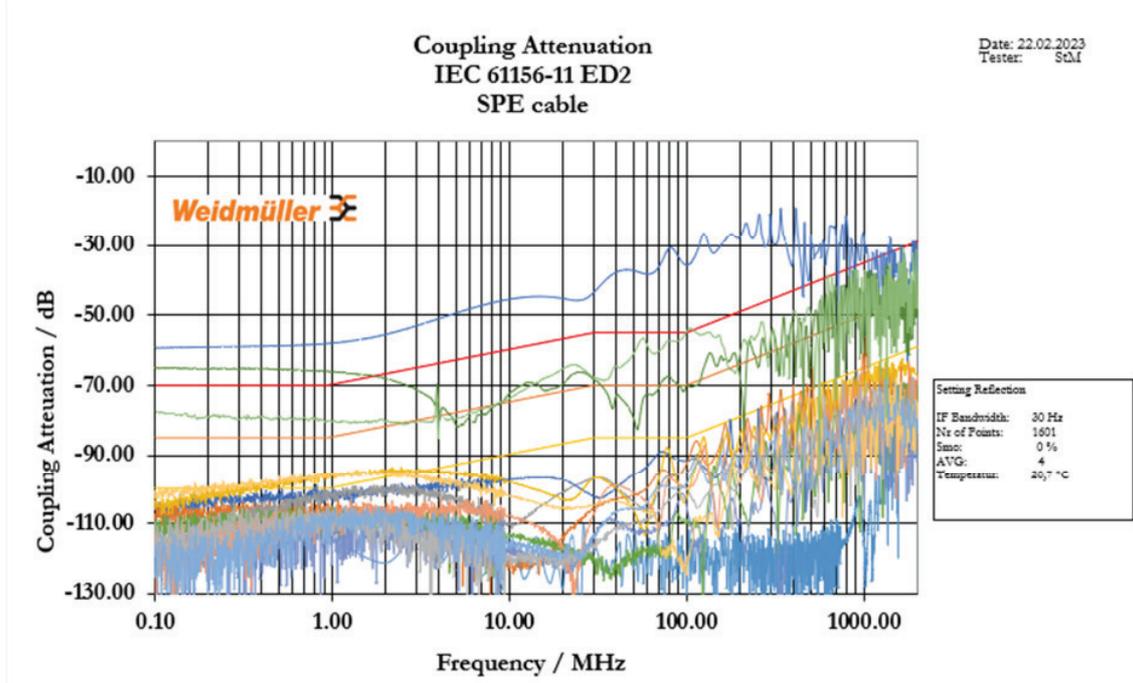


Test Results

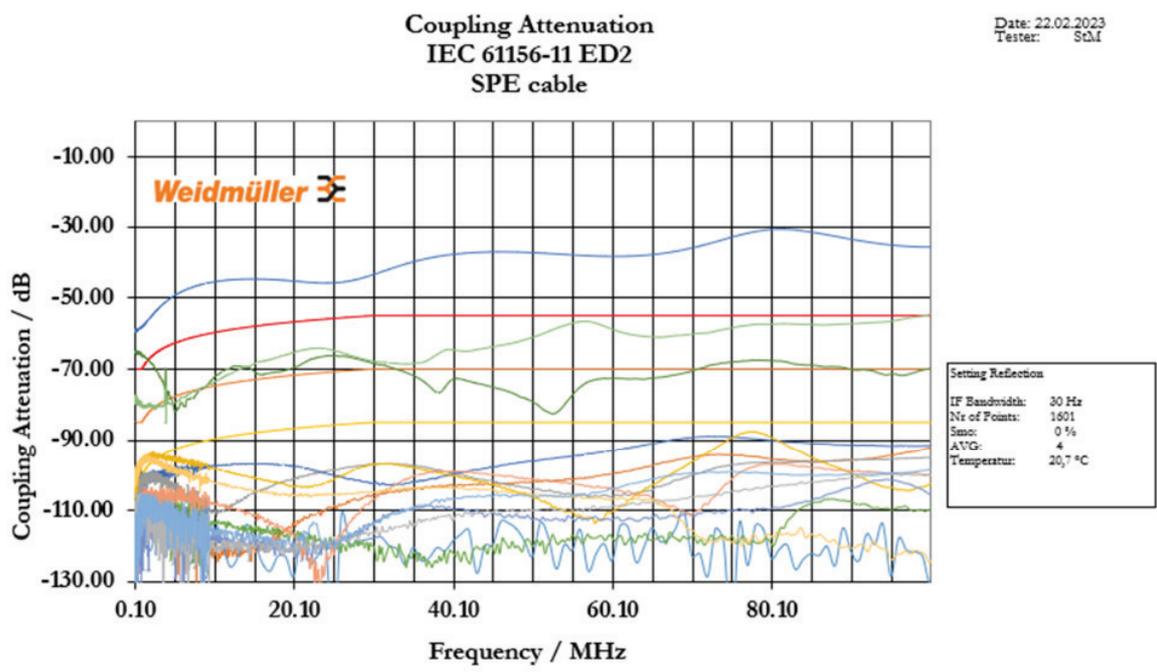
Pulse / Time	Vtest	f	Coupl.
1	1750 V	100.0 kHz	50 Ohm
2	+1750 V	100.0 kHz	50 Ohm

Test Result
elapsed test time: 2min 5s
Result: Test passed!
Packet Loss: 0/6000

emv Stuttgart, 28. - 30. März 2023,



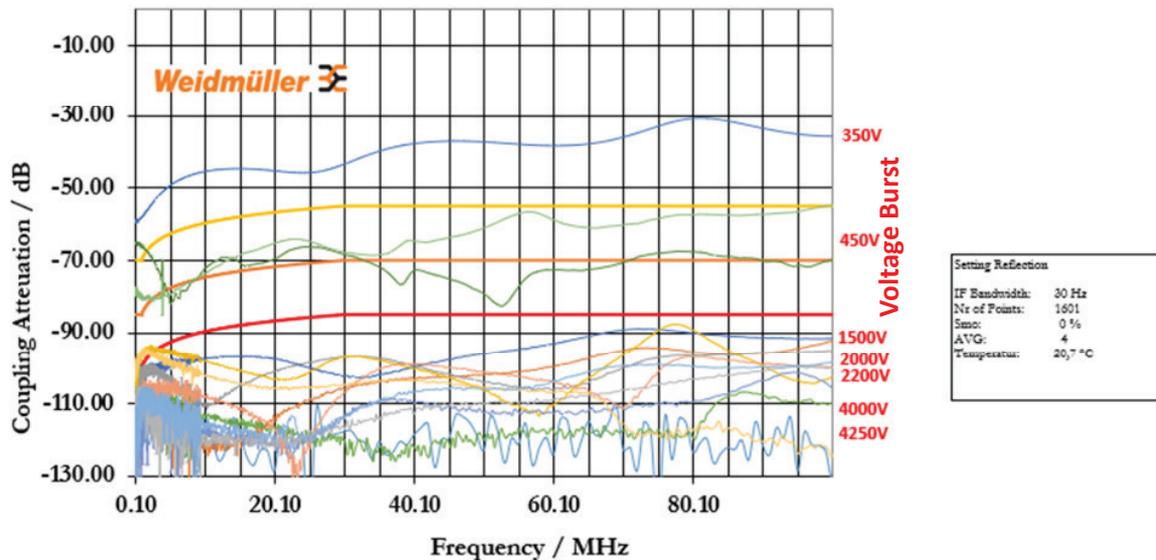
emv Stuttgart, 28. - 30. März 2023,



emv Stuttgart, 28. - 30. März 2023,

Coupling Attenuation IEC 61156-11 ED2 SPE cable

Date: 22.02.2023
Tester: StM



emv Stuttgart, 28.

17

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).
- die Messung der Kopplungsdämpfung ist in IEC 62153-4-9 beschrieben.
- mit der Ergänzung der IEC 62153-4-9 Amd1 kann jetzt auch die Kopplungsdämpfung LFCA bei tiefen Frequenzen ab 100 kHz aufwärts gemessen werden.
- zur Systemverifikation sollte der Parameter Scd11 am offenen Ausgang des Anlegefeldes gemessen werden.
- kein linearer Zusammenhang zwischen Kopplungsdämpfung und Burstprüfung
- Burstanforderung nur im E₃ Bereich (MICE Umgebung)
- nur geschirmte SPE Kabel erfüllen E₃
- ungeschirmte SPE Kabel erfüllen E₁ & E₂
- weitere Messungen werden durchgeführt
- eine mathematisch Beschreibung der Zusammenhänge ist wünschenswert
- Wiederholung mit der Applikation 10 Base-T1

emv Stuttgart, 28. - 30. März 2023,

18

Danke fürs Zuhören

???

Weidmüller 



weitere Info: Stand C2/209

www.bda-c.com

bernhard.mund@bda-c.com

www.weidmueller.de

ralf.tillmanns@weidmueller.com

emv Stuttgart, 28. - 30. März 2023,

Literatur

Weidmüller  

- [1] Bernhard Mund, EMV von Kabeln, Steckern und HV-Komponenten mit dem Triaxialverfahren, 7. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel Verlag Würzburg, 18./19. Juni 2013
- [2] Bernhard Mund & Thomas Schmid: Schirmwirkung ungeschirmter symmetrischer Paare, 13. Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel Verlag Würzburg, 01. - 03. Juli 2019
- [3] T. Hähner, C. Pfeiler, B. Mund & T. Schmid: EMV – Parameter von einpaarigen Ethernet Kabeln, 28. ITG-Fachtagung Kommunikationskabelnetze - 14./15.12. 2021 in Köln
- [4] Ralf Damm, Bernhard Mund u.a., EMV von SPE Steckern und Anschlusskabeln, Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel Verlag Würzburg, 04. - 06. Juli 2022
- [5] Helmut Reiter, Ralf Tillmanns, Untersuchungen zur geschirmten und ungeschirmten Verkabelung für 10BASE-T1L, Anwenderkongress Steckverbinder, Vogel Verlag Würzburg, 04. - 06. Juli 2022
- [11] IEC TR 62153-4-1 – Introduction to electromagnetic (EMC) screening measurements
- [12] IEC 62153-4-7Ed3 – Transfer impedance Z_T and screening attenuation a_s or coupling attenuation a_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
- [15] IEC 61000-4-4 – Electrical fast transient/burst immunity test
- [16] IEC 61000-6-2 – Immunity for industrial environments

emv Stuttgart, 28. - 30. März 2023,