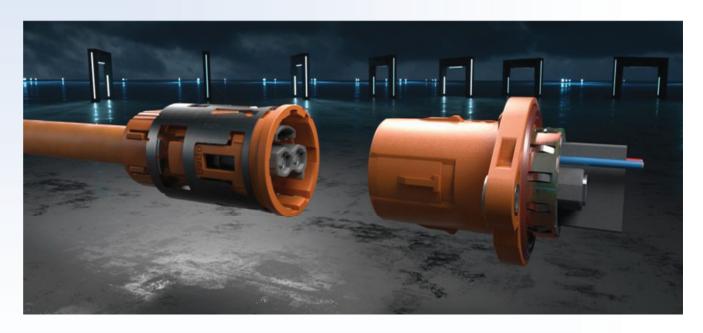


Analyse, Optimierung und Verifizierung eines HV-Steckers



HV-Stecker PowerStar HPS40-2, Hirschmann Automotive, www.hirschmann-automotive.com

Dr. Thomas Gneiting, AdMOS GmbH, Frickenhausen, Deutschland, thomas.gneiting@admos.de, https://admos.de/ Bernhard Mund, bda connectivity GmbH, Asslar, Deutschland, bernhard.mund@bda-c.com, https://bda-connectivity.com/

Analyse, Optimierung & Verifizierung der EMV von HV-Steckern Anwenderkongress Steckverbinder, Würzburg, September 2021



Übersicht

- Anforderung an HV-Stecker
 - HV-Stecker und EMV
- Messverfahren für Schirmwirkung
 - Speisedrahtverfahren, Triaxialverfahren
- Simulation und Analyse
 - Motivation, Vorgehensweise,
 - Triaxiale Zelle mit HV-Stecker.
 - Quantitative Analyse, Delta-Transferimpedanz
 - Qualitative Analyse,
- Messadapter
- Vergleich von Simulation und Messung
- Zusammenfassung und Ausblick



Anforderungen an HV Stecker

volle Funktionalität bei Spannungen bis zu 1000 V Dauerstromtragfähigkeit: 280 A bei 23 °C bzw. 195 A bei 83 °C Temperaturbereich von - 40 °C bis +170 °C geringe Emission bzw. hohe Störfestigkeit

Kopplungswiderstand: zwischen 2 m Ω und 10 m Ω

Schirmdämpfung: bis zu 70 dB bis 300 MHz

auch nach Alterung geringes Gewicht preiswerte Gestaltung

Ein weiterer Aspekt der Reduzierung des Elektrosmogs im Elektroauto durch entsprechende Schirmung der Komponenten ist der Schutz der Insassen.

Dr. Thomas Gneiting, AdMOS GmbH, Frickenhausen, Deutschland, thomas.gneiting@admos.de, https://admos.de/Bernhard.Mund, bda connectivity GmbH, Asslar, Deutschland, bernhard.mund@bda-c.com, https://bda-connectivity.com/

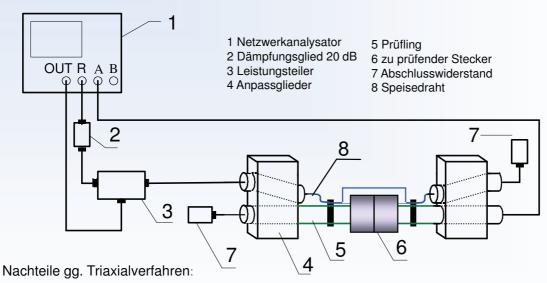
3

Analyse, Optimierung & Verifizierung der EMV von HV-Steckern Anwenderkongress Steckverbinder, Würzburg, September 2021



Speisedraht-Verfahren

Kopplungswiderstand nach IEC 62153-4-6

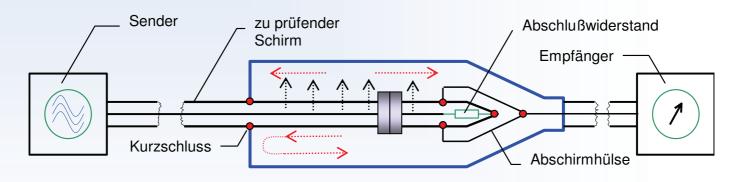


- Messung am nahen und am fernen Ende erforderlich, Anpassung des Speisedrahtes kritisch, 20 dB gefordert
- mehrfaches Drehen des Prüflings und/oder Verändern des Speisedrahtes, um alle Problemstellen zu erfassen,
- mit dem Speisedraht-Verfahren kann nur der Kopplungswiderstand gemessen werden, nicht die Schirmdämpfung,
- das Triaxialverfahren lässt sich einfacher simulieren.



Prinzip des Triaxial-Verfahrens

Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung DC bis über 9 GHz mit einem Messaufbau



IEC 62153-4-3Ed2 & /-4-4Ed2 — Kopplungswiderstand & Schirmdämpfung, für Kabel, Stecker, konfektionierte Kabel & Komponenten

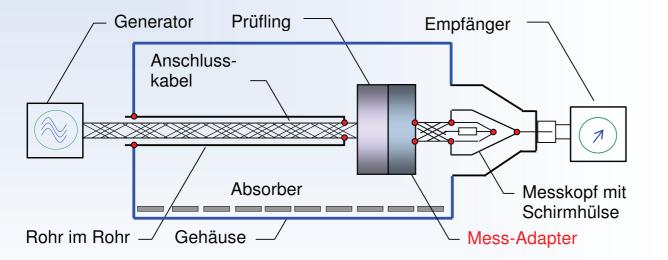
Dr. Thomas Gneiting, AdMOS GmbH, Frickenhausen, Deutschland, thomas.gneiting@admos.de, https://admos.de/Bernhard Mund, bda connectivity GmbH, Asslar, Deutschland, bernhard.mund@bda-c.com, https://bda-connectivity.com/

5

Analyse, Optimierung & Verifizierung der EMV von HV-Steckern Anwenderkongress Steckverbinder, Würzburg, September 2021



Triaxiale "Absorberzelle" IEC 62153-4-15Ed2



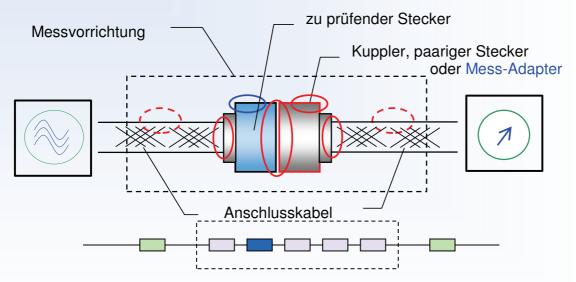
Für größere Stecker eignet sich die Triaxiale "Absorber-Zelle" nach IEC 62153-4-15Ed2

Triaxiale Zellen werden ab bestimmten Frequenzen zu Hohlleitern; durch Absorbermaterial können höhere Moden wirkungsvoll unterdrückt werden; damit sind Messungen in der Zelle bis zu und über 3 GHz möglich; geeignet sind Ferrit-Absorber, nanokristaline Absorber und magnetische Absorber



Einflussgrössen bei der Messung von HV-Steckern

Stecker können nur in gestecktem Zustand gemessen werden; ist kein paariger Stecker vorhanden, ist ein Messapter erforderlich



Bei der Messung eines Steckers sind verschiedene Übergänge bzw. Kopplungswiderstände zu berücksichtigen. Kopplungswiderstände addieren sich! Übergänge sind daher von so geringer Impedanz wie möglich auszuführen.

Dr. Thomas Gneiting, AdMOS GmbH, Frickenhausen, Deutschland, thomas.gneiting@admos.de, https://admos.de/Bernhard Mund, bda connectivity GmbH, Asslar, Deutschland, bernhard.mund@bda-c.com, https://bda-connectivity.com/

7

Analyse, Optimierung & Verifizierung der EMV von HV-Steckern Anwenderkongress Steckverbinder, Würzburg, September 2021



Simulation und Analyse

Motivation:

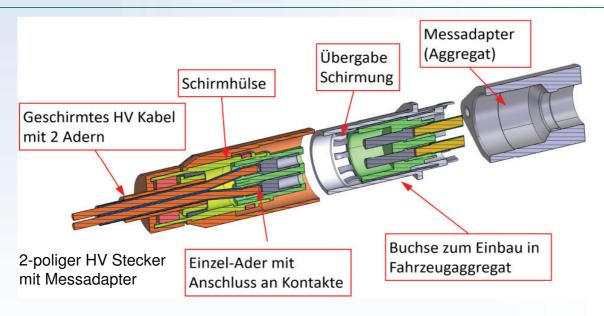
- realistische Darstellung quantitativer Ergebnisse wie Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung
- Visualisierung von Störstellen und Regionen, in denen die Schirmung nicht ausreichend ist
- zielgerichtete Verbesserung der Schirmeigenschaften durch Entwickler

Vorgehensweise:

- Nachbildung in einem elektromagnetischen 3D Simulationsprogramm auf Basis der modifizierten CAD-Daten
- Oberflächenbeschichtungen, Oberflächenrauigkeiten etc. realistisch nachbilden



Prinzipielle Nachbildung eines HV Steckers und Einbau in Aggregat



Bei der Nachbildung des Steckers bilden die CAD Daten der Konstruktion die Grundlage, komplexere Materialeigenschaften, wie z.B. komplexe Oberflächenbeschichtungen, Oberflächenrauigkeiten etc. lasse sich realistisch nachbilden.

Der Aufbau der Simulation richtet sich nach dem gewählten Messverfahren (Triaxialverfahren)

Dr. Thomas Gneiting, AdMOS GmbH, Frickenhausen, Deutschland, thomas.gneiting@admos.de, https://admos.de/Bernhard Mund, bda connectivity GmbH, Asslar, Deutschland, bernhard.mund@bda-c.com, https://bda-connectivity.com/

9

Analyse, Optimierung & Verifizierung der EMV von HV-Steckern Anwenderkongress Steckverbinder, Würzburg, September 2021

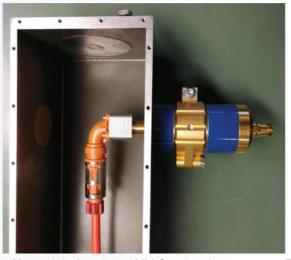


HV-Steckverbinder in triaxialer Zelle



gerader (180°) HV-Stecker in 140 mm Zelle

Gemessen wird im Prinzip nur die Schirmwirkung des Steckers. Die Kopplungswiderstände des kurzen Stückes Anschlusskabel sowie die Kopplungs-widerstände von Messadapter und Anschluss-Hülse werden als null betrachtet.

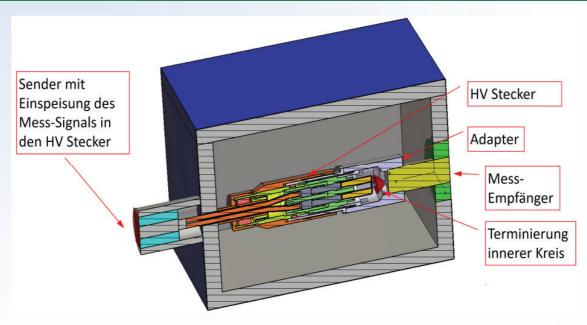


Abgewinkelter (90°) HV-Stecker in 1000 mm Zelle

Gemessen wird zunächst nur das Kabel und dann das Kabel mit Stecker. Der Kopplungswiderstand des Steckers ergibt sich dann aus der Subtraktion beider Messungen oder durch Berechnung der Delta-Transfer Impedanz, s.u.



Triaxiale Zelle mit HV Stecker



Je nach gewähltem Verfahren erfolgt die Simulation im Zeitbereich, z.B. mit der Finite Integration Technique (FIT) Methode mit anschließender Transformation in den Frequenzbereich oder gleich im Frequenzbereich durch Lösen des linearen Systems der Maxwell'schen Gleichungen durch einen iterativen oder direkten Lösungsalgorithmus für jeden betrachteten Frequenzpunkt [6].

Dr. Thomas Gneiting, AdMOS GmbH, Frickenhausen, Deutschland, thomas.gneiting@admos.de, https://admos.de/Bernhard Mund, bda connectivity GmbH, Asslar, Deutschland, bernhard.mund@bda-c.com, https://bda-connectivity.com/

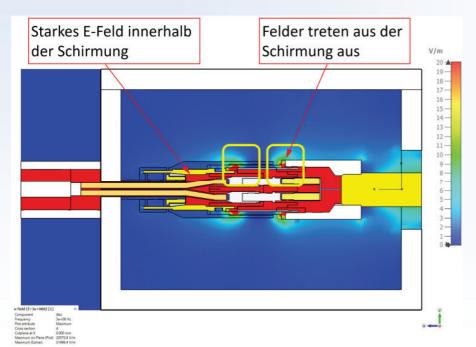
11

Analyse, Optimierung & Verifizierung der EMV von HV-Steckern Anwenderkongress Steckverbinder, Würzburg, September 2021



Analyse der Schwachpunkte eines HV Steckers durch ausgetretene E-Felder

Maximalwert des Betrags des E-Feldes in einer Zeitbereichssimulation

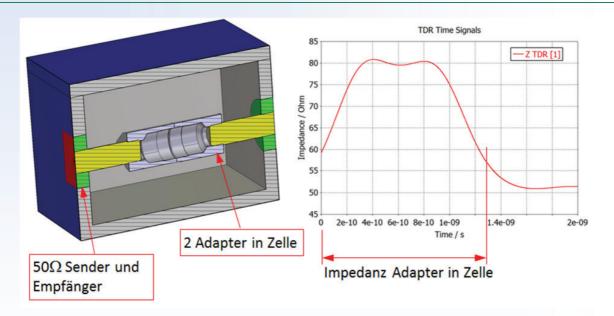


Die maximale Feldstärke beträgt ca. 20kV/m. Zur Visualisierung der Schirmeffekte im Bereich von ca. 80 dB wurde die maximale anzuzeigende Feldstärke um den Faktor 60 dB auf 20V/m beschränkt.

Erst in dieser Darstellung sind die Orte an denen die Felder aus dem Steckverbinder austreten gut zu erkennen



Simulation Messadapter in Zelle



Anstelle aufwändiger Messungen kann die EMV des Messapters durch Simulation optimiert werden; TDR (Time Domain Reflectometer) Simulation der Impedanz des äußeren Kreises mit ca. 80Ω . Der Messadapter zeigt ein ideales Verhalten, da alle Bauteile aus massivem Metall sind.

Dr. Thomas Gneiting, AdMOS GmbH, Frickenhausen, Deutschland, thomas.gneiting@admos.de, https://admos.de/Bernhard Mund, bda connectivity GmbH, Asslar, Deutschland, bernhard.mund@bda-c.com, https://bda-connectivity.com/

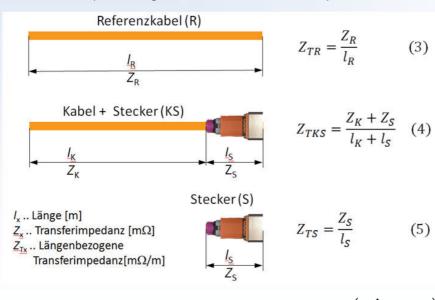
13

Analyse, Optimierung & Verifizierung der EMV von HV-Steckern Anwenderkongress Steckverbinder, Würzburg, September 2021



Delta-Transferimpedanz

Bei vielen Vorgaben der Grenzwerte für die Transferimpedanz für Stecker wird (u.a. von der Autoindustrie) der Begriff der Delta-Transferimpedanz verwendet.



Die Delta Transferimpedanz Z_{TDiff} kann mit nebenstehenden Gleichungen aus der Messung des Kopplungswiderstandes des Kabels als Meterware und der Messung des Kabels mit Stecker berechnet werden

Die Delta Transferimpedanz Z_{TDiff} kann negativ werden, wenn der Kopplungswiderstand des Stecker Z_{S} wesentlich kleiner ist als der Kopplungswiderstand des Referenzkabels

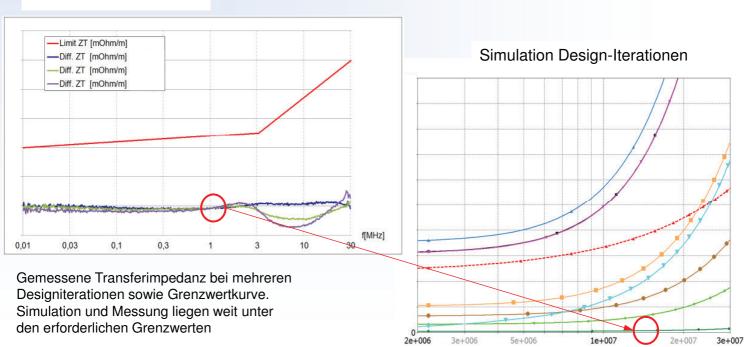
$$Z_{TDiff} = Z_{TKS} - Z_{TR}$$
 (6) $Z_{TDiff} = \left(\frac{l_K}{l_K + l_S} - 1\right) \cdot Z_{TR} + \frac{Z_S}{l_K + l_S}$ (7)



Transferimpedanz - Vergleich Messung und Simulation

Messung 3 Serienteile

Delta-Transferimpedanz [m Ω /m]



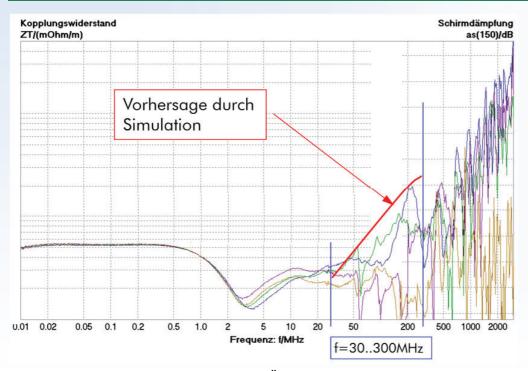
Dr. Thomas Gneiting, AdMOS GmbH, Frickenhausen, Deutschland, thomas.gneiting@admos.de, https://admos.de/Bernhard Mund, bda connectivity GmbH, Asslar, Deutschland, bernhard.mund@bda-c.com, https://bda-connectivity.com/

15

Analyse, Optimierung & Verifizierung der EMV von HV-Steckern Anwenderkongress Steckverbinder, Würzburg, September 2021



Schirmdämpfung - Vergleich Messung und Simulation



Die Vorhersage zeigt die Schirmwirkung im Bereich von 30 MHz bis 300 MHz für eine Prüflänge von 1 m mit guter Korrelation zu den gemessenen Kurven.

Nach IEC 62153-4-3 und IEC 62153-4-4 ist dies der Bereich des Übergangs zwischen Kopplungswiderstand und Schirmdämpfung.

Gemessene und vorhergesagte Werte können auf andere Frequenzen und/oder Längen extrapoliert werden

Vorhersage und Messung zeigen gute Übereinstimmung



17

Zusammenfassung

- An HV-Stecker werden hohe EMV-Anforderungen gestellt, z.B. ein Kopplungswiderstand 2 mΩ bis 10mΩ und Schirmdämpfung von ca. 70 dB
- EMV gerechtes Design von HV-Steckern muss von Beginn der Entwicklung an integriert werden
- Dies geschieht Zeit- und kostengünstig durch geeignete 3D elektromagnetische Simulationen
- Simulation und die Verifizierung/Messung des EMV-Verhaltens am fertigen Stecker sollte mit derselben Methode, d.h. vorzugsweise mit dem Triaxialverfahren durchgeführt werden.
- Für die Messung größerer HV-Stecker eignet sich die Triaxiale Zelle.
- Messadapter können durch geeignete 3D Simulation optimiert werden
- Vorhersage durch die Simulation und die Verifizierung mit dem Triaxialverfahren zeigen gute Übereinstimmung
- Aufgrund der gestiegenen Nachfrage nach HV-Steckverbindern erwarten wir, dass diese Methode in zukünftigen Anwendungen weiter verbreitet wird.

Dr. Thomas Gneiting, AdMOS GmbH, Frickenhausen, Deutschland, thomas.gneiting@admos.de, https://admos.de/Bernhard Mund, bda connectivity GmbH, Asslar, Deutschland, bernhard.mund@bda-c.com, https://bda-connectivity.com/

Danke fürs Zuhören

???

thomas.gneiting@admos.de bernhard.mund@bda-c.com



Literatur & Normen

- [1] IEC 62153-4-3, Surface transfer impedance Triaxial method
- [2] IEC 62153-4-4, Test method for measuring of the screening attenuation as up to and above 3 GHz, triaxial method
- [3] IEC 62153-4-6, Surface transfer impedance, line injection method
- [4] IEC 62153-4-7, Test method for measuring the transfer impedance Z_T and the screening attenuation a_S or the coupling attenuation ac of RF-connectors and assemblies up to and above 3 GHz, Triaxial tube in tube method
- [5] IEC 62153-4-15, Test method for measuring transfer impedance and screening attenuation or coupling attenuation with triaxial cell
- [6] Lauri Halme & Bernhard Mund, Messen der Schirmwirkung elektrischer Kabel, Anwenderforum Elektrische Kabel, Technische Akademie Esslingen [TAE], 15. Oktober 2013
- [7] Ralf Damm, Bernhard Mund et. al., Higher Order Mode Suppression in Triaxial Cells, Proceedings of the 65th IWCS Conference, Providence, RI, USA, Oct. 2016
- [8] Thomas Hähner, Bernhard Mund, & Thomas Schmid, History and recent trends of Triaxial test procedure, Proceedings of the 67th IWCS Conference, Providence, RI, US, October 2018
- [9] CST Suite 2021 Help, Dassault Systemes
- [10] Triaxiale Messtechnik CoMeT auf https://bda-connectivity.com/comet/
- [11] Hirschmann Automotive, https://www.hirschmann-automotive.com

Dr. Thomas Gneiting, AdMOS GmbH, Frickenhausen, Deutschland, thomas.gneiting@admos.de, https://admos.de/Bernhard Mund, bda connectivity GmbH, Asslar, Deutschland, bernhard.mund@bda-c.com, https://bda-connectivity.com/

19

Analyse, Optimierung & Verifizierung der EMV von HV-Steckern Anwenderkongress Steckverbinder, Würzburg, September 2021



Für Ihre Notizen

	•••••	 	