



Test report based on DIN EN ISO/IEC 17025:2018
Prüfbericht nach der DIN EN ISO/IEC 17025:2018

GHMT PREMIUM Verification Program (GHMT PVP)

initial certification / Erstzertifizierung

Connecting hardware, copper, category 6A / Steckverbinder, Kupfer, Kategorie 6A

according to ISO/IEC 11801-1 Ed.1.0 / nach ISO/IEC 11801-1 Ed.1.0

Project No.: / Projekt-Nr.: ZVKG0325



Document No.: / Dokument-Nr.: R9495b-25

This test report consists of 36 pages, including measurements.

GHMT AG and the customer shall grant each other an unlimited right to copy and disclose this report insofar as the measuring results and specifications published are neither altered by way of including or removing information nor changed in a way that does not correspond to the original meaning of the report.

Table of Contents / Inhaltsverzeichnis

1	General statements / Allgemeine Angaben	4
1.1	Test laboratory / Prüflabor	4
1.2	Test date / Datum der Prüfung	4
1.3	Environmental conditions during tests / Umgebungsbedingungen bei Prüfung	4
1.4	Test conducted by / Durchführung der Prüfung	4
1.5	Persons present at test / Anwesende Personen	4
2	Customer / Auftraggeber	5
2.1	Address / Anschrift	5
2.2	Specialist department in charge / Zuständige Fachabteilung	5
3	Device under test (DUT) / Prüfling	6
3.1	Description of the components / Beschreibung der Komponenten	6
3.2	Acquisition of samples / Probenbeschaffung	7
4	Tests / Prüfungen	8
4.1	Type of test / Art der Prüfung	10
4.2	Definition of test parameters / Definition der Prüfparameter	11
4.2.1	Insertion loss / Einfügedämpfung	11
4.2.2	Near-end crosstalk (NEXT) / Nahnebensprechdämpfung (NEXT)	12
4.2.3	Power-sum near-end crosstalk (PS NEXT) / Leistungssummierte Nahnebensprechdämpfung (PS NEXT)	13
4.2.4	Far-end crosstalk (FEXT) / Fernnebensprechdämpfung (FEXT)	14
4.2.5	Power-sum far-end crosstalk (PS FEXT) / Leistungssummiertes Fernnebensprechdämpfungs (PS FEXT)	15
4.2.6	Return loss / Rückflusdämpfung	16
4.2.7	Propagation delay / Laufzeit	17
4.2.8	Delay skew / Laufzeitunterschied	19
4.2.9	Coupling attenuation / Kopplungsdämpfung	20
4.2.10	Transfer impedance / Transferimpedanz	21
5	Applied standards / Bewertungsstandards	22
5.1	Rules and regulations applied / Angewendete Vorschriften	22
5.2	Applied limits / Angewendete Grenzwerte	22
5.3	Deviations / Abweichungen	24
5.4	Non-standardised test procedures / Nicht genormte Prüfverfahren	24
6	Test equipment / Prüfmittel	25
7	Summary / Zusammenfassung	26
8	ANNEX: Documentation of measurements / Anhang: Meßprotokolle	27
8.1	Settings / Einstellungen	28
8.2	Measurement results of the RF parameters / Zusammenstellung der gemessenen HF-Parameter	30
8.3	Measurement results of the EMC parameters / Zusammenstellung der gemessenen EMV-Parameter	36

Revision history / Änderungshistorie

Document number / Prüfbericht	Date / Datum	Content Changes / Inhaltliche Änderung
R9495a-25	16.07.2025	Initial version / Ersterstellung
R9495b-25	07.08.2025	Correction Item data / Korrektur Artikeldaten

1 General statements / Allgemeine Angaben

1.1 Test laboratory / Prüflabor

GHMT AG

In der Kolling 320

66450 Bexbach, Germany / Deutschland

Telephone / Telefon: +49 / 68 26 / 92 28 – 0

Telefax / Telefax: +49 / 68 26 / 92 28 – 290

E-mail: info@ghmt.de

Internet: www.ghmt.de

1.2 Test date / Datum der Prüfung

Receipt of goods / Wareneingang: 24.06.2025

Test number / Prüfnummer: 25-CS397

Testing / Prüfung from / vom: 08.07.2025

until / bis: 11.07.2025

1.3 Environmental conditions during tests / Umgebungsbedingungen bei Prüfung

Ambient temperature / Umgebungstemperatur: $(23 \pm 3)^{\circ}\text{C}$

Relative humidity / Relative Luftfeuchte: $(50 \pm 25)\%$

1.4 Test conducted by / Durchführung der Prüfung

Mr. / Herr Bernd Jung, GHMT AG

1.5 Persons present at test / Anwesende Personen

Mr. / Herr Stefan Grüner, GHMT AG (present temporarily / zeitweise)

2 Customer / Auftraggeber

2.1 Address / Anschrift

Würth Elektrogroßhandel GmbH & Co. KG

Ludwig-Erhard-Straße 21-39

65760 Eschborn, Germany / Deutschland

Telephone / Telefon: +49 6196 477-0

Telefax / Telefax: +49 6196 447-664

Internet: www.protecclass.de

2.2 Specialist department in charge / Zuständige Fachabteilung

Würth Elektrogroßhandel GmbH & Co. KG

Mr. / Herr Dusan Miladinovic

Produktbereich PROTEC.net

Ludwig-Erhard-Straße 21-39

65760 Eschborn, Germany / Deutschland

Telephone / Telefon: +49 6196 477-0

Telefax / Telefax: +49 6196 447-664

E-mail: info@protecclass.de

Internet: www.protecclass.de

3 Device under test (DUT) / Prüfling

3.1 Description of the components / Beschreibung der Komponenten

The following component(s) was/were used for the test /

Für die Durchführung der Prüfung lag(en) folgende Komponente(n) vor:

DUT*:
Prüfling*: Keystone-Modul Cat. 6A

Part No*:
Art.-Nr.: 05300697

Batch No.:
Chargen-Nr.: 25-00261

*) This information was provided by the customer
*) Diese Informationen wurden vom Kunden bereitgestellt

Condition:
Zustand: The device/s under test (DUT) did not show any visible damage.
Der/Die Prüfling(e) wies(en) keine sichtbaren Beschädigungen auf.

Picture:
Bild:



3.2 Acquisition of samples / Probenbeschaffung

The DUT was / were...

Der/Die Prüfling(e) wurde(n)...



... drawn on-site. The sampling process was thus unbiased and not influenced by the customer.

... vor Ort bezogen. Die Probenbeschaffung erfolgte somit neutral und vom Auftraggeber unbeeinflusst.



... obtained by GHMT through resellers. The sampling process was thus unbiased and not influenced by the customer.

... durch GHMT über Reseller bezogen. Die Probenbeschaffung erfolgte somit neutral und vom Auftraggeber unbeeinflusst.



... obtained by GHMT through the client.

... über den Auftraggeber bezogen.

4 Tests / Prüfungen

The **GHMT PREMIUM Verification Program (GHMT PVP)** helps manufacturers of high-quality products to demonstrate the consistently high quality level of their products in a transparent manner.

Das **GHMT PREMIUM Verification Program (GHMT PVP)** hilft Herstellern qualitativ hochwertiger Produkte, die gleichbleibend hohe Qualität dieser Produkte transparent darzustellen.

On the other hand, this quality verification program enables users to be sure that the exact same products they purchased were subjected to the tests specified.

Auf der anderen Seite gibt dieses Qualitätsbewertungsprogramm dem Anwender die Sicherheit, dass genau die Produkte geprüft werden, die auch eingekauft wurden.



This program is used to check individual component (copper & optical fibre) such as data cables, connection components and also patch cables. It is based on current national and international standard specifications, such as EN 50173-1, ISO/IEC 11801-1.

In diesem Programm werden sowohl Kupfer-, als auch Lichtwellenleiter (LWL)-Einzelkomponenten wie Datenkabel, Anschlusskomponenten, Patchkabel und Pigtails überprüft. Basis sind die aktuellen nationalen und internationalen normativen Vorgabedokumente, wie z.B. EN 50173-1, ISO/IEC 11801-1.

The **GHMT PREMIUM Verification Program (GHMT PVP)** is based on a contractual agreement between GHMT AG and the product provider/manufacturer. The agreement includes, among other things, regular sampling, which must not be influenced by the manufacturer, and subsequent measurement-based analysis. In the process, stringent requirements must be met:

Grundlage des **GHMT PREMIUM Verification Program (GHMT PVP)** ist eine vertragliche Vereinbarung zwischen der GHMT AG und dem Produkt-Anbieter/Hersteller. Darin sind unter anderem vom Hersteller nicht zu beeinflussende turnusmäßige Probenbeschaffung sowie anschließende messtechnische Überprüfungen vereinbart. Dabei werden herausragende Anforderungen gestellt:

- Test specimens are sampled by GHMT AG themselves both at the resellers' sites and within the framework of projects, which means that GHMT AG checks exactly those products that will be delivered to the end customer.
Die Probenbeschaffung erfolgt hierbei durch die GHMT AG selbst, und zwar sowohl bei Resellern als auch in Projekten – die GHMT AG überprüft also genau die Produkte, die auch den Endkunden erreichen.
- In addition, EVERY product tested must meet the requirements laid down in the relevant specification documents.
Weiterhin muss JEDES der überprüften Produkte den Anforderungen der zugrunde gelegten Vorgabedokumente entsprechen.

A website specifically set up for listing the products tested:

Auf einer speziell für die Auflistung der geprüften Produkte eingerichteten Website:

<http://pvp.ghmt.de/index.php/pvp-pub>

always shows the current state of the test (ok/fail) on the basis of a traffic-light color code, which is transparent to all market players.

wird der Status der Überprüfung (**ok** / **fail**) stets aktuell und transparent für alle Marktteilnehmer in Ampelfarben angezeigt.

More information and detailed information on the test procedure of the GHMT PREMIUM Verification Program (GHMT PVP) can be found at:

Mehr Informationen und detaillierte Angaben zu dem Prüfablauf des GHMT PREMIUM Verification Program (GHMT PVP) finden Sie unter:

<http://www.ghmt.de>

The DUT described in this test report under section 3.1 has since been subject to

Der/Die Prüfling(e) wie in Abschnitt 3.1 beschrieben, die unter dieser beschriebenen Verkaufsbezeichnung vertrieben werden, unterliegen seit:

Month / Monat

July / Juli

Year / Jahr

2025

the quality assessment of the **GHMT PREMIUM Verification Program (GHMT PVP)**.

der Qualitätsbewertung des **GHMT PREMIUM Verification Program (GHMT PVP)**.

4.1 Type of test / Art der Prüfung

Test of transmission characteristics of a connecting hardware for compliance with the specifications for Category 6A according to ISO/IEC 11801-1 Ed.1.0.

Prüfung von Übertragungseigenschaften eines Steckverbinders entsprechend der Spezifikationen für Kategorie 6A nach ISO/IEC 11801-1 Ed.1.0.

The following parameters are included in the test performed.

Folgende Prüfparameter sind Bestandteil der durchgeführten Prüfung.

RF parameters: / HF-Parameter

- Insertion loss / Einfügedämpfung
- Near-end crosstalk / Nahnebensprechdämpfung
- Power sum near- end crosstalk (PS NEXT) / Leistungssummierte Nahnebensprechdämpfung
- Far-end crosstalk / Fernnebensprechdämpfung
- Power sum far- end crosstalk (PS FEXT) / Leistungssummierte Fernnebensprechdämpfung
- Return loss / Reflexionsdämpfung
- Propagation delay / Laufzeit
- Delay skew¹ / Laufzeitunterschied

EMC parameters: / EMV-Parameter:

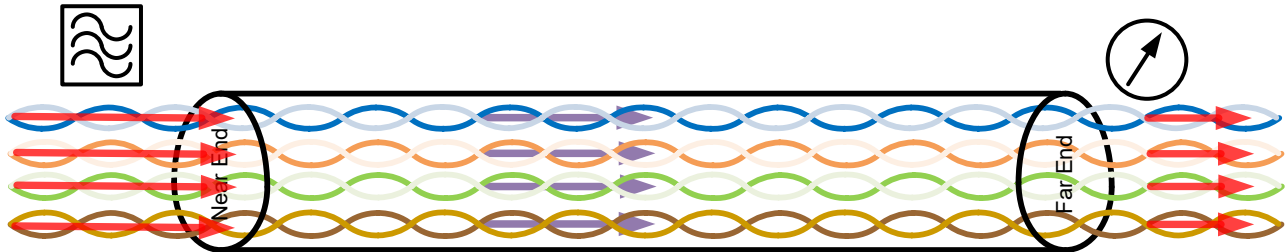
- Coupling attenuation / Kopplungsdämpfung
- Transfer impedance / Kopplungswiderstand

¹ All power-sum parameters are calculated on the basis of individual pair-to-pair measurements. Conductor resistance unbalance and propagation delay skew are determined by calculation.

Alle Prüfparameter mit kumulierten Leistungsgrößen wurden aus den einzelnen Messungen berechnet. Des Weiteren sind die Leiterwiderstand-Unsymmetrie und die Laufzeitdifferenz berechnete Parameter.

4.2 Definition of test parameters / Definition der Prüfparameter

4.2.1 Insertion loss / Einfügedämpfung



Definition

Definition

Attenuation is determined by the ratio of the power supplied to the port A and the measured power at the port B as specified below:

Die Vierpoldämpfung wird durch das Verhältnis der eingespeisten Leistung am Tor A zur gemessenen Leistung am Tor B bestimmt:

$$a_v [\text{dB}] = 10 \log \left(\frac{P_A}{P_B} \right)$$

Both the input and the output of the two-port network must be terminated with the nominal impedance in order to avoid return loss.

Eingang und Ausgang des Vierpols müssen mit dem Nennwellenwiderstand der Leitung abgeschlossen sein, um Reflexionsverluste zu vermeiden.

Influencing variables

Einflussgrößen

The attenuation of cables is primarily determined by the cross-sectional area and the conductivity of the copper wires. Especially in very high frequency ranges, the dielectric loss of the core insulation material contributes to an increase in attenuation in proportion to the frequency. Bei Kabeln wird die Vierpoldämpfung maßgeblich durch die Querschnittsfläche und durch die Leitfähigkeit der Kupferleiter bestimmt. Besonders in sehr hohen Frequenzbereichen tragen dielektrische Verluste des Aderisolationmaterials proportional mit der Frequenz zu einem Anstieg der Vierpoldämpfung bei.

The attenuation depends on length, frequency and temperature.

Die Vierpoldämpfung ist längen-, frequenz- und temperaturabhängig.

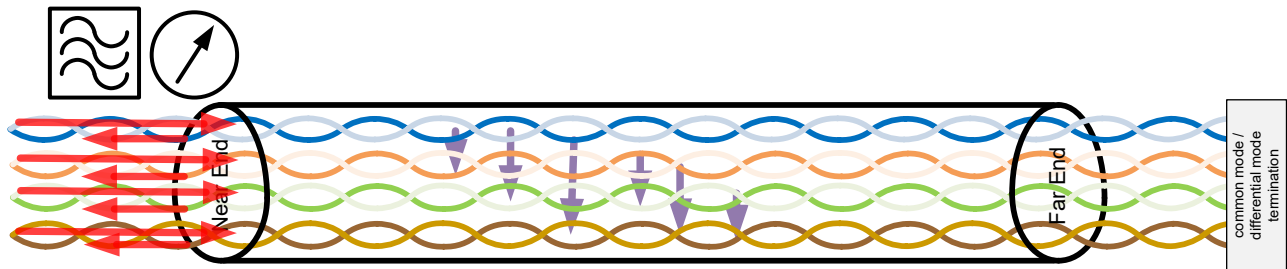
Meaning

Bedeutung

A low attenuation level improves the transmission reliability of the cabling system. The attenuation values of cables and connecting devices are accumulative although they are largely determined by those of the cables.

Eine geringe Vierpoldämpfung verbessert die Übertragungssicherheit der Verkabelungsstrecke. Die Vierpoldämpfungen von Kabeln und Verbindungstechnik sind additiv, werden aber durch die Kabel maßgeblich bestimmt.

4.2.2 Near-end crosstalk (NEXT) / Nahnebensprechdämpfung (NEXT)



Definition Definition

The near-end crosstalk attenuation is determined by the ratio of the power supplied to the port A and the measured power at the port B as specified below:

Die Nahnebensprechdämpfung wird durch das Verhältnis der eingespeisten Leistung am Tor A zur gemessenen Leistung am Tor B bestimmt:

$$a_{NEXT} [\text{dB}] = 10 \log \left(\frac{P_A}{P_B} \right)$$

Both sides of the DUT must be terminated with the nominal impedance. If the sender and the receiver are located at the same end of the DUT, this is referred to as near-end crosstalk (NEXT) attenuation.

Der Prüfling muss beidseitig mit dem Wellenwiderstand abgeschlossen sein. Befinden sich Sender und Empfänger am gleichen Ende des Prüflings, so spricht man von Nahnebensprechdämpfung (NEXT).

Influencing variables Einflussgrößen

The near-end crosstalk attenuation of cables is primarily determined by the stranding of the cores and the paired foil screen (if applicable).

Bei Kabeln wird die Nahnebensprechdämpfung maßgeblich durch die Verseilung der Adern und (wenn vorhanden) durch die paarweise Folienschirmung bestimmt.

Near-end crosstalk attenuation largely depends on the frequency used and – to a minor extent – also on the cabling length.

Die Nahnebensprechdämpfung ist stark frequenz- und in geringem Maße auch längenabhängig.

Meaning Bedeutung

A high degree of near-end crosstalk attenuation improves transmission reliability. Within the cabling system, transmission reliability is largely determined by the component with the lowest degree of near-end crosstalk attenuation.

Eine hohe Nahnebensprechdämpfung verbessert die Übertragungssicherheit. Innerhalb der Verkabelungsstrecke wird die Übertragungssicherheit maßgeblich durch die Komponente mit der geringsten Nebensprechdämpfung bestimmt.

4.2.3 Power-sum near-end crosstalk (PS NEXT) / Leistungssummierte Nahnebensprechdämpfung (PS NEXT)

Definition

Definition

The power sum of the near-end crosstalk is defined on the basis of the ratio of the power input at the three pairs A, B and C to the power output at pair D. The power-sum NEXT value of cables can be measured by means of a phase-correlated 4-port power splitter. On the basis of the pair-to-pair NEXT measurements, the power sum can also be calculated according to the following formula:

Die Leistungssumme der Nahnebensprechdämpfung wird durch das Verhältnis der in die drei Paare A, B und C eingespeisten Leistungen zu der an dem Paar D ausgekoppelten Leistung definiert. Die Messung des (engl.) Power-sum NEXT an Kabeln kann mit einem phasenkorrelierten 4-Tor Leistungsteiler erfolgen. Aus den Paar-zu-Paar NEXT Messungen lässt sich die Leistungssumme auch nach folgender Formel berechnen:

$$a_{PSNEXT} [\text{dB}] = 10 \log \sum_{i=1}^3 10^{-0,1 \cdot a_{NEXT}^i}$$

Influencing variables

Einflussgrößen

The power-sum NEXT value of cables is decisively influenced by the stranding and the foil pair shield (if applicable). Power-sum NEXT strongly depends on the frequency used and – only to a minor extent – on the cabling length.

Bei Kabeln wird das Power-sum NEXT maßgeblich durch die Verseilung der Adern und (wenn vorhanden) durch die paarweise Folienschirmung bestimmt. Das Power-sum NEXT ist stark frequenz- und in geringem Maße auch längenabhängig.

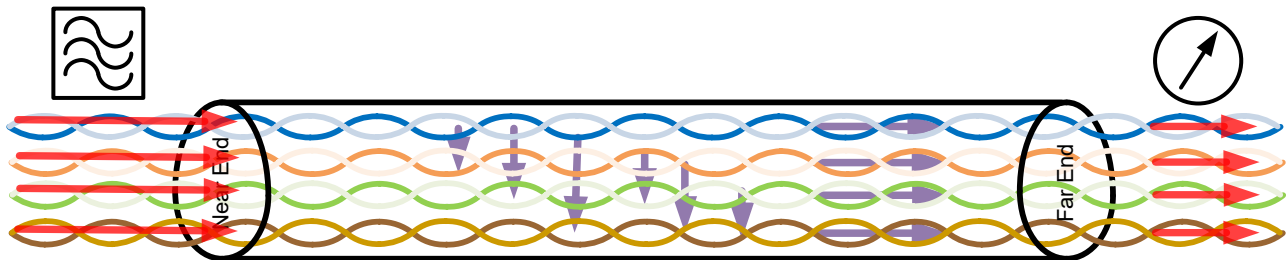
Meaning

Bedeutung

With regard to network protocols that distribute the bi-directional data load over all four pairs, power-sum NEXT is of great importance for transmission reliability since power-sum crosstalk is expected to impair transmission via the data channel.

In Hinblick auf Netzwerkprotokolle mit Aufteilung der bi-direktionalen Datenmenge auf alle vier Paare besitzt das Power-sum NEXT hohe Bedeutung für die Übertragungssicherheit, da von kumulierter Beeinträchtigung des Datenkanals durch Übersprechen auszugehen ist.

4.2.4 Far-end crosstalk (FEXT) / Fernnebensprehdämpfung (FEXT)



Definition Definition

The far-end crosstalk (abbr. FEXT) is determined by the ratio of the power measured at the remote port B to the power measured at the remote port C. The measuring signal is supplied to the near end of the cable.

Die Fernnebensprehdämpfung (FEXT) wird durch das Verhältnis der an den fernen Ports B und C ausgekoppelten Leistungen bestimmt. Das Kabel wird dabei am nahen Ende mit dem Meßsignal gespeist.

$$a_{FEXT} [\text{dB}] = 10 \log \left(\frac{P_B}{P_C} \right)$$

All pairs of the DUT are terminated with their characteristic impedance.
Alle Paare des Prüflings werden mit ihrem Wellenwiderstand abgeschlossen.

Influencing factors Einflussgrößen

The FEXT value of cables is decisively influenced by the stranding and the foil pair shield (if applicable).

Bei Kabeln wird das FEXT maßgeblich durch die Verseilung der Adern und (wenn vorhanden) durch die paarweise Folienschirmung bestimmt.

FEXT strongly depends on the frequency used.

Das FEXT ist stark frequenzabhängig.

4.2.5 Power-sum far-end crosstalk (PS FEXT) / Leistungssummiertes Fernnebensprechdämpfungs (PS FEXT)

Definition

Definition

The power-sum FEXT value can be calculated on the basis of the pair-to-pair FEXT measurements according to the following formula:

Aus den Paar-zu-Paar FEXT Messungen läßt sich das Power-sum FEXT nach folgender Formel berechnen:

$$a_{PSFEXT}[\text{dB}] = 10 \log \sum_{i=1}^3 10^{-0,1 a_{FEXT}^i}$$

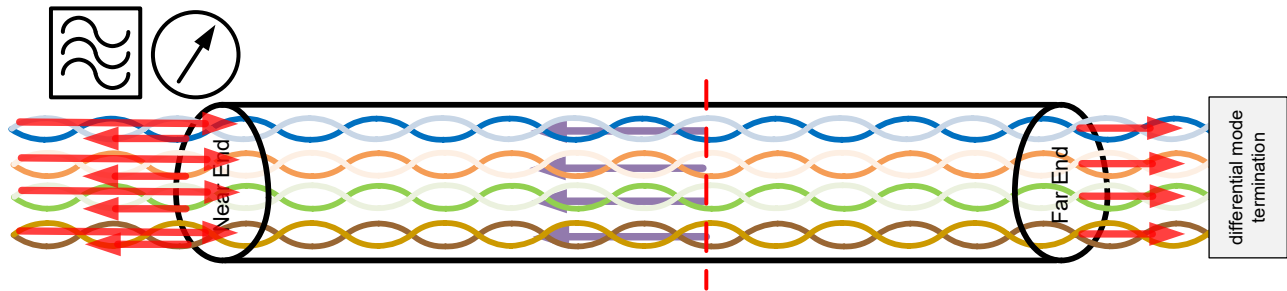
Meaning

Bedeutung

With regard to network protocols that distribute the bi-directional data load over all four pairs, power-sum FEXT is of great importance for transmission reliability since crosstalk is expected to impair transmission via the data channel.

In Hinblick auf Netzwerkprotokolle mit Aufteilung der bi-direktionalen Datenmenge auf alle vier Paare besitzt das Power-sum FEXT hohe Bedeutung für die Übertragungssicherheit, da von kumulierter Beeinträchtigung des Datenkanals durch Übersprechen auszugehen ist.

4.2.6 Return loss / Rückflusdämpfung



Definition

Definition

The return loss represents the ratio of the power supplied to the DUT to the power reflected by the DUT.

Die Reflexionsdämpfung stellt das Verhältnis der in den Prüfling eingespeisten Leistung zu der vom Prüfling reflektierten Leistung dar.

$$a_R [\text{dB}] = 10 \log \left(\frac{P_{\text{input}}}{P_{\text{output}}} \right)$$

The DUT end is terminated with the characteristic impedance in order to absorb any non-reflected power. The DUT and the test-value transmitter must have the same rated impedance in the broadband range.

Das Prüflingsende wird dabei mit dem Wellenwiderstand abgeschlossen, um die nicht reflektierte Leistung zu absorbieren. Prüfling und Meßübertrager müssen breitbandig die gleiche Nennimpedanz besitzen.

Influencing factors

Einflussgrößen

The return loss value of cables is decisively influenced by the homogeneity of the conductors and the core of the cable. Mechanical load during the manufacturing or installation of the cables may impair the return loss.

The parameters return loss and characteristic impedance correlate.

Bei Kabeln wird die Reflexionsdämpfung maßgeblich durch die Homogenität der Adern und der Kabelseele bestimmt. Mechanische Belastungen während der Kabelproduktion oder während der Installation können die Reflexionsdämpfung verschlechtern.

Reflexionsdämpfung und Wellenwiderstand sind korrelierte Parameter.

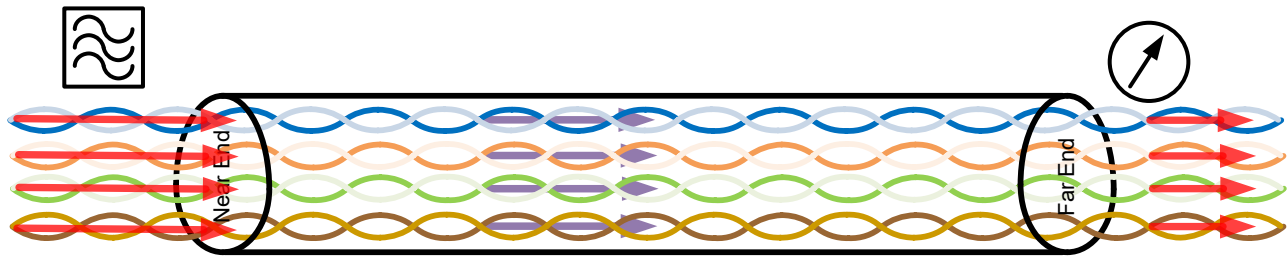
Meaning

Bedeutung

A high degree of return loss improves transmission reliability. A low degree of return loss may lead to an unwanted overlap of returning signal components.

Eine hohe Reflexionsdämpfung verbessert die Übertragungssicherheit. Bei geringer Reflexionsdämpfung können sich rücklaufende Signalanteile störend überlagern.

4.2.7 Propagation delay / Laufzeit



Definition

Definition

The velocity of propagation v of cables is stated in relation to the maximum velocity of propagation of electromagnetic waves in the vacuum c_0 . The parameter "Nominal Velocity of Propagation" (abbr. NVP) is defined as follows:

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit v wird bei Kabeln in Relation zu der maximal möglichen Ausbreitungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen im Vakuum c_0 angegeben. Der Parameter "Nominal Velocity of Propagation", kurz NVP genannt, ist definiert zu:

$$NVP = \frac{v}{c_0}$$

The delay τ is the period of time the signal requires in order to travel through a cabling link with a length of l . The delay is calculated on the basis of the NVP value (Nominal Velocity of Propagation) of the cable and the velocity of light c_0 according to the following formula:

Die Laufzeit τ ist das Zeitintervall, welches das Signal benötigt, eine Verkabelungsstrecke der Länge l zu passieren. Die Laufzeit berechnet sich aus dem NVP-Wert (Nominal Velocity of Propagation) des Kabels und der Lichtgeschwindigkeit c_0 nach:

$$\tau = \frac{l}{NVP \cdot c_0}$$

Influencing factors

Einflussgrößen

The delay of cables is decisively influenced by the dielectric loss of the core insulation material. This material-induced loss may be minimised by selecting various compounds and by varying the degree of foaming.

The impact of the addition of dyes on the NVP value is not to be neglected since dyes vary strongly in their dielectric constants, which are considerably higher than in the basic compound.

Bei Kabeln wird die Ausbreitungsgeschwindigkeit maßgeblich durch die dielektrischen Verluste des Aderisolationmaterials bestimmt. Diese Materialverluste können konstruktiv durch die Wahl verschiedener Compounds und durch Variation des Aufschäumungsgrades minimiert werden. Nicht zu vernachlässigen ist der Einfluß der Farbstoffbeimengung auf den NVP-Wert, da die Farbstoffe sehr unterschiedliche Permittivitäten aufweisen, die deutlich höher sind als beim Basiscompound.

The velocity of propagation does not depend on the cable length and may be calculated on the basis of the measurement of the length-dependent group delay. The reference length used for calculation is the cable length and not the lay length of the twisted pairs. Different lay length values in the four pairs lead to different NVP values.

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit ist unabhängig von der Kabellänge und kann aus der Messung der längenabhängigen Gruppenlaufzeit berechnet werden. Bezugslänge für die Berechnung ist die Kabellänge, nicht die Verseillänge der getwisteten Paare. Unterschiedliche Schlaglängen innerhalb der vier Paare eines Datenkabels führen zu NVP-Wert Differenzen.

Meaning

Bedeutung

In order to ensure distortion-free signal transmission, the velocity of propagation must not fall below a lower limiting value, which is determined by the system requirements. The velocity of propagation has to be virtually independent of the frequency within the signal bandwidth in order to avoid a divergence of the spectral signal components.

High-bit rate network protocols that use parallel data transmission via the four pairs, moreover, require a highly consistent velocity of propagation in order to avoid synchronisation errors. Future normative standards will define this so-called "delay skew".

Für eine verzerrungsfreie Signalübertragung darf die Ausbreitungsgeschwindigkeit einen unteren Grenzwert, der durch die Systemanforderungen bedingt ist, nicht unterschreiten. Innerhalb der Signalbandbreite muss die Ausbreitungsgeschwindigkeit nahezu frequenzunabhängig sein, um eine Divergenz der spektralen Signalanteile zu verhindern.

Hochbitratige Netzwerkprotokolle, die eine parallele Datenübertragung auf den vier Paaren nutzen, erfordern darüber hinaus sehr gleichmäßige Ausbreitungsgeschwindigkeiten, um Synchronisationsfehler am Empfänger zu vermeiden. In zukünftigen normativen Standards wird dieser sogenannte „Delay-skew“ definiert sein.

4.2.8 Delay skew / Laufzeitunterschied

Definition

Definition

The delay skew $\Delta\tau$ of cables with a length of l marks the time difference between signals travelling along the individual transmission links at the propagation velocity v_i, v_j .

Die Laufzeitdifferenz $\Delta\tau$ kennzeichnet bei Kabeln der Länge l den zeitlichen Unterschied, den die Signale mit den Ausbreitungsgeschwindigkeiten v_i, v_j in den einzelnen Übertragungswegen zueinander aufweisen.

$$\Delta\tau = l \cdot \left(\frac{v_i - v_j}{v_i \cdot v_j} \right)$$

Influencing factors

Einflussgrößen

The delay skew of cables is decisively influenced by the dielectric loss of the core insulation material and the various lay length values.

Bei Kabeln wird die Laufzeitdifferenz maßgeblich durch die dielektrischen Verluste des Aderisulationsmaterials und durch die unterschiedlichen Schlaglängen bestimmt.

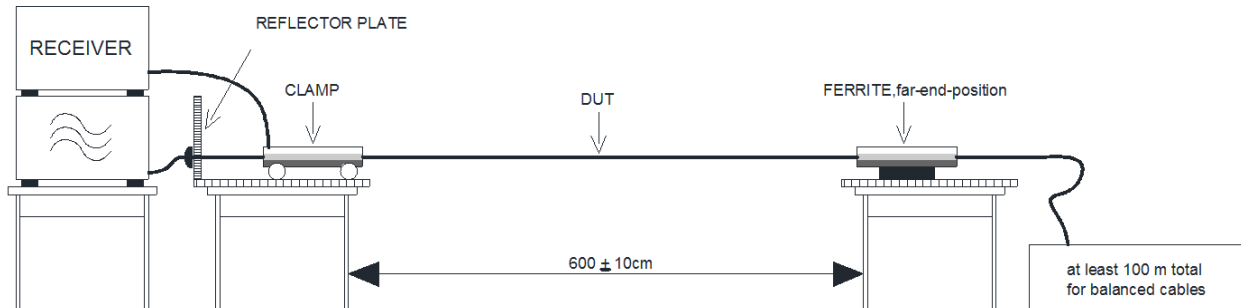
Meaning

Bedeutung

The delay skew will be an important parameter for a distortion-free data transmission in balanced cables in view of future network protocols.

Die Laufzeitdifferenz wird in Hinblick auf zukünftige Netzwerkprotokolle ein wichtiger Parameter bei symmetrischen Kabeln für eine verzerrungsfreie Datenübertragung sein.

4.2.9 Coupling attenuation / Kopplungsdämpfung



Definition

Definition

Description derived from the standard (EN 50289-1-6 or, as the case may be, IEC 62154).

Beschreibung aus Norm (EN 50289-1-6 bzw. IEC 62154)

Coupling attenuation is defined as the ratio of the power transmitted through the inner conductor and the maximum radiated peak power.

Die Kopplungsdämpfung ist das Verhältnis zwischen der in den Innenleiter gespeisten Leistung und der maximal abgestrahlten Leistung.

Influencing factors

Einflussgrößen

Coupling attenuation is primarily determined by the mechanical structure of the cable. Coupling attenuation strongly depends on frequency.

Die Kopplungsdämpfung wird durch die Symmetrie des Kabels bestimmt. Die Kopplungsdämpfung ist stark frequenzabhängig.

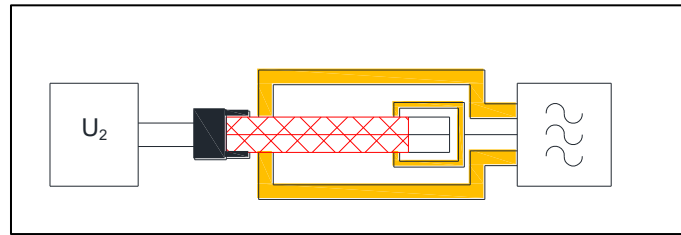
Meaning

Bedeutung

The higher the coupling attenuation of a cable, the smaller the exposure to radio service interference in the environment. Vice versa, cables with a high level of coupling attenuation reduce the exposure of the data signals transmitted to any interference from the environment. Therefore, high levels of coupling attenuation are particularly important in systems with stringent availability requirements and in environments that are subject to a strong electromagnetic interference.

Je höher die Kopplungsdämpfung eines Kabels ist, desto geringer ist die Gefahr einer Störung von Funkdiensten in der Umgebung. Umgekehrt vermindern Kabel mit hoher Kopplungsdämpfung die Gefahr einer Beeinträchtigung der übertragenen Datensignale durch in der Umgebung herrschende Störsignale. Deshalb sind hohe Kopplungsdämpfungen ganz besonders wichtig in Anlagen mit hohen Verfügbarkeitsanforderungen und in Umgebungen mit hohen elektromagnetischen Belastungen.

4.2.10 Transfer impedance / Transferimpedanz



Definition

Definition

If an electromagnetic wave reaches a screen, it will induce an interference current $I_{\text{Disturbance}}$. This current generates a voltage $U_{\text{Disturbance}}$ in the primary circuit. The coupling factor has the dimension of a complex impedance and is referred to as transfer impedance Z_T . Transfer impedance consists of a real component – i.e. the coupling resistance R_C – and an imaginary component. For the purposes of assessing screening effectiveness, only transfer impedance is of practical importance frequently.

Transfer impedance is indicated in $\text{m}\Omega$. As far as data cables are concerned, transfer impedance is indicated per unit of length and has the dimension $\text{m}\Omega/\text{m}$.

Trifft eine elektromagnetische Welle auf einen Schirm, induziert sie einen Strom $I_{\text{Stör}}$. Dieser Strom ruft in dem Primärkreis eine Spannung $U_{\text{Stör}}$ hervor. Der Koppelfaktor hat die Dimension eines komplexen Widerstandes und heißt Transferimpedanz Z_T . Die Transferimpedanz setzt sich aus dem reellen Anteil – dem Kopplungswiderstand R_K – und einem imaginären Anteil zusammen. Für die Bewertung der Schirmwirkung ist häufig nur der Kopplungswiderstand von praktischer Bedeutung.

Der Kopplungswiderstand wird in $\text{m}\Omega$ angegeben.

Bei Datenkabeln wird der Kopplungswiderstand auf die Länge bezogen und wird somit in $\text{m}\Omega$ pro Meter ($\text{m}\Omega/\text{m}$) angegeben.

$$Z_T = \frac{U_{\text{Disturbance}}}{I_{\text{Disturbance}}}$$

Influencing factors

Einflussgrößen

The transfer impedance of components largely depends on the design of the screen. It strongly depends on frequency.

Bei Komponenten wird der Kopplungswiderstand maßgeblich durch den konstruktiven Aufbau der Schirmung bestimmt. Der Kopplungswiderstand ist stark frequenzabhängig.

Meaning

Bedeutung

The smaller the transfer impedance value, the greater the effectiveness of a screen.

Die Wirkung eines Schirmes ist umso besser, je kleiner der Wert des Kopplungswiderstandes ist.

5 Applied standards / Bewertungsstandards

5.1 Rules and regulations applied / Angewendete Vorschriften

- **ISO/IEC 11801-1 Ed. 1.0 (2017-11)**
Information technology – Generic cabling for customer premises
- **DIN EN 50173-1 (2018-10)**
Informationstechnik – Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen
Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- **ANSI/TIA-568.2-D (2018-09)**
Balanced Twisted-Pair Telecommunications
Cabling and Components Standard

5.2 Applied limits / Angewendete Grenzwerte

- **IEC 60603-7-51 Ed. 1.0 (2010-03)**
Connectors for electronic equipment-
Part 7-51: Detail specification for 8-way, shielded, free and fixed connectors,
for data transmissions with frequencies up to 500 MHz (Cat.6A)

Note: In Chapter 8 "ANNEX: Documentation of measurements", the applied limits are indicated within the measurement results.

Hinweis: In Kapitel 8 "Anhang: Messprotokolle", sind die angewendeten Grenzwerte innerhalb der Messergebnisse dargestellt.

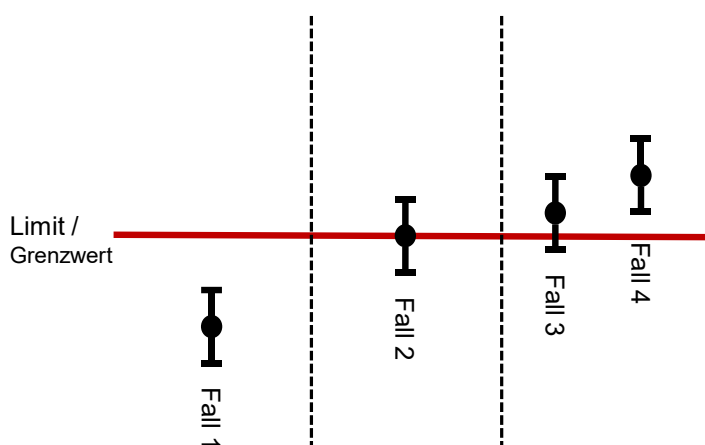
5.3 Decision rule for conformity statement / Entscheidungsregel für Konformitätsaussage

According to DIN EN ISO/IEC 17025:2018, the applicable decision rule for conformity statements in test documentation must be agreed with the client during the commissioning process.

Gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 muss bei Konformitätsaussagen in Prüfdokumentationen die zutreffende Entscheidungsregel im Zuge der Beauftragung mit dem Auftraggeber abgestimmt werden.

By the contracting authority under section 2, the following decision rule was chosen for the conformity statement:

Durch den Auftraggeber unter Abschnitt 2 wurde folgende Entscheidungsregel zur Konformitätsaussage gewählt:



Decision rule 1a Entscheidungsregel 1a	Compliant <u>without</u> representation of the measurement uncertainty Risk: High Konform <u>ohne</u> Darstellung der Messunsicherheit Risiko: Hoch	Non compliant Nicht konform	Selected decision rule of the Client Gewählte Entscheidungsregel des Auftraggebers	X
Decision rule 1b Entscheidungsregel 1b	Compliant <u>with</u> representation of Uncertainty of measurement Risk: Medium Konform <u>mit</u> Darstellung der Messunsicherheit Risiko: Mittel	Non compliant Nicht konform		
Decision rule 2a Entscheidungsregel 2a	Conform <u>without</u> Uncertainty of measurement Risk: Low Konform <u>ohne</u> Messunsicherheit Risiko: Niedrig	Non compliant Nicht konform		
Decision rule 2b Entscheidungsregel 2b	Conforms to Uncertainty of measurement Risk: Low Konform <u>mit</u> Messunsicherheit Risiko: Niedrig	Non compliant Nicht konform		

5.4 Deviations / Abweichungen

None.
Keine.

5.5 Non-standardised test procedures / Nicht genormte Prüfverfahren

None.
Keine.

6 Test equipment / Prüfmittel

The following test equipment was used by GHMT AG:

Folgende Prüfmittel wurden von der GHMT AG verwendet:

Equipment / Messmittel	Manufacturer/ Hersteller	Equipment ID / Messmittel ID
Network Analyzer II	Keysight	GHMTA0164
LCR Meter	Agilent	GHMTA0034
Digital Multimeter I	Keithley	GHMTA0235
Digital Multimeter II	Keithley	GHMTA0236
HV Tester	ETL-Prüftechnik	GHMTA0031
Triaxial tube	Bedeia / Rosenberger	GHMTB0314
Absorbing clamp	Lüthi	GHMTA0070
Decoupling clamp	Lüthi	GHMTA0071
Switch unit I	Novotronik	GHMTA0281
Switch unit II	Novotronik	GHMTA0037

Table 1: Test equipment used

Tabelle 1: Verwendete Messmittel

7 Summary / Zusammenfassung

Customer: Würth Elektrogroßhandel GmbH & Co. KG
Auftraggeber: Ludwig-Erhard-Straße 21-39
65760 Eschborn, Germany / Deutschland

DUT: Keystone-Modul Cat. 6A
Prüfling:

Part No.: 05300697
Artikelnummer:

Applied standards: ISO/IEC 11801-1 Ed. 1.0 (2017-11)
Bewertungsstandards: Information technology – Generic cabling for customer premises
DIN EN 50173-1 (2018-10)
Informationstechnik Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen
Teil 1: Allgemeine Anforderungen
ANSI/TIA-568.2-D (2018-09)
Balanced Twisted-Pair Telecommunications Cabling
and Components Standards

IEC 60603-7-51 Ed. 1.0 (2010-03)
Connectors for electronic equipment-
Part 7-51: Detail specification for 8-way, shielded, free and fixed
connectors, for data transmissions with frequencies up to 500 MHz (Cat.6A)

Results: The device under test (DUT) complies with the limits laid down in the
Resultat: applied standards and regulations with respect to the parameters specified
in the test report.

Der Prüfling hält bei den im Prüfbericht genannten Prüfparametern die Grenzwerte der
besagten Bewertungsstandards ein.

The results determined during the test refer exclusively to the device under test as described and
provided by the customer.

Die bei der Prüfung ermittelten Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die beschriebenen und vom Auftraggeber
vorgelegten Prüflinge.

Bexbach, 07.08.2025



By order of Stefan Grüner,
engineer (Dipl.-Ing.)
(Head of accredited test laboratory)
(Leiter akkreditiertes Prüflabor)



GHMT AG
In der Kolling 320
D-66450 Bexbach
info@ghmt.de
www.ghmt.de

8 ANNEX: Documentation of measurements / Anhang: Meßprotokolle

The following annex includes the measurement results for the test parameters defined in chapter 4.2.
Nachfolgend werden die Messergebnisse für die unter Abschnitt aufgeführten Prüfparameter aufgeführt 4.2.

Note:

In the following measurement reports only the limit value curves according to ISO/IEC 11801-1 (2017-11) are shown. These represent the highest requirements for all standards specified in chapter 5. For reasons of clarity, the limit value curves according to DIN EN 50173-1 (2018-10).

Anmerkung:

In den nachfolgenden Messprotokollen sind ausschließlich die Grenzwertkurven nach ISO/IEC 11801-1 (2017-11) dargestellt. Diese repräsentieren für alle in Kapitel 5 angegebenen Normen die höchsten Anforderungen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit erfolgt keine Darstellung der Grenzwertkurven nach DIN EN 50173-1 (2018-10).

8.1 Settings / Einstellungen

	RF parameters / HF-Parameter		EMC PARAMETERS/ EMV-Parameter	
	S11	S21	Coupling attenuation / Kopplungs­dämpfung	Transfer impedance / Kopplungs­widerstand
Output power / Speiseleistung	0 dBm	0 dBm	7 dBm	7 dBm
Frequency range / Frequenzbereich	1-500 MHz	1-500 MHz	30-1000 MHz	0.1-100 MHz
Bandwidth / Messbandbreite	100 Hz	100 Hz	30 Hz	30 Hz
NOP / Messpunktdichte	1601	1601	971	971
AVG / Mittelwertbildung	-	-	-	-
Smoothing / Glättung	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%

8.2 Measurement results overview / Zusammenstellung der Messergebnisse

According to section 5.3, "**Decision rule 1a**" was selected for the documentation of the results.

Gemäß Abschnitt 5.3 wurde die „Entscheidungsregel 1a“ zur Dokumentation der Ergebnisse gewählt.

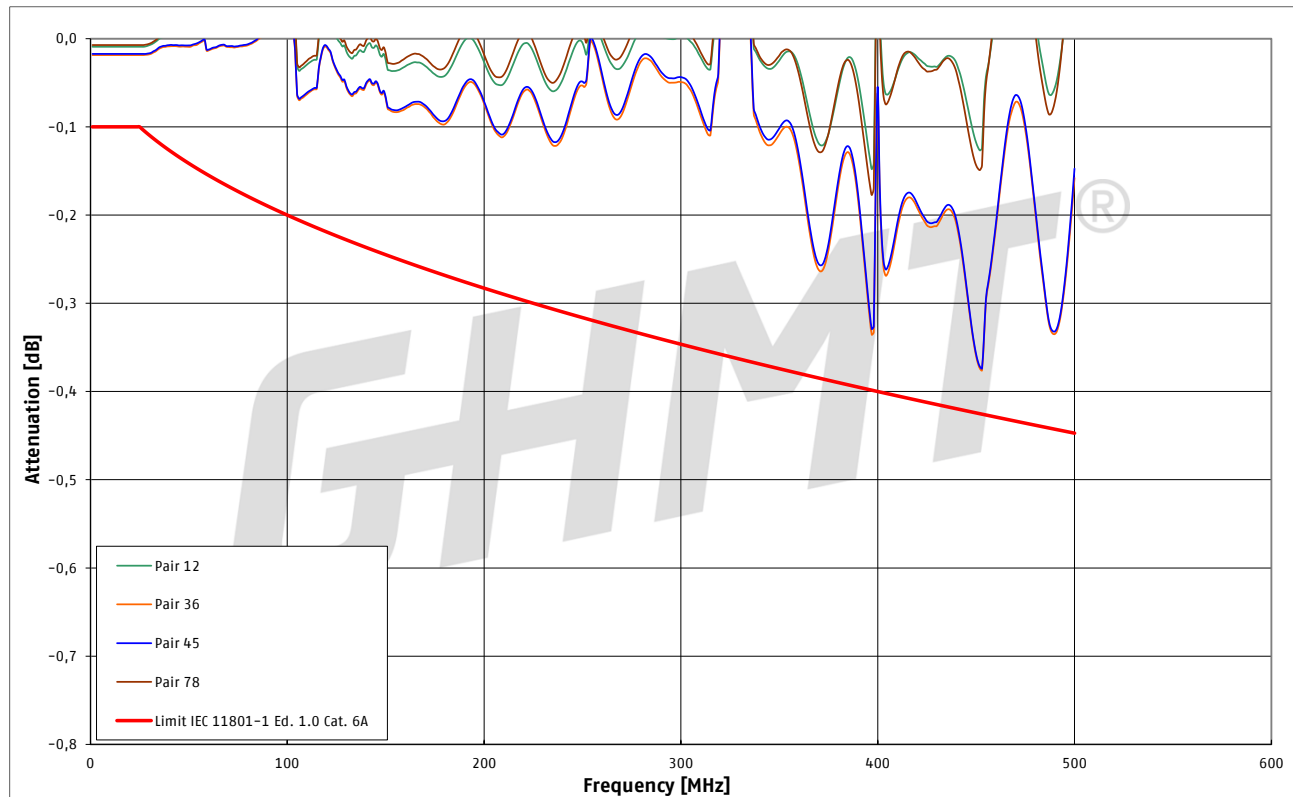
Presentation of the results / Darstellung der Ergebnisse						1a
Decision rule / Entscheidungsregel						
Parameter	Value	Uncertainty [%]	Upper Value	Lower Value	Limit	Compliant
IL [dB]	-0,38	---	---	---	$\geq -0,43$	PASS
NEXT [dB]	-46,93	---	---	---	$\leq -46,04$	PASS
NEXT 36-45 [dB]	-36,94	---	---	---	$\leq -35,51$	PASS
PS NEXT [dB]	-76,76	---	---	---	≤ -75	PASS
FEXT [dB]	-77,71	---	---	---	≤ -75	PASS
PS FEXT [dB]	-75,04	---	---	---	≤ -75	PASS
DELAY [ns]	1,28	---	---	---	$\leq 2,5$	PASS
Delay Skew [ns]	0,78	---	---	---	$\leq 1,25$	PASS
RL [dB]	-16,07	---	---	---	$\leq -14,02$	PASS

Presentation of the results / Darstellung der Ergebnisse						1a
Decision rule / Entscheidungsregel						
Parameter	Value	Uncertainty [%]	Upper Value	Lower Value	Limit	Compliant
CA [dB]	67,45	---	---	---	≥ 45	PASS

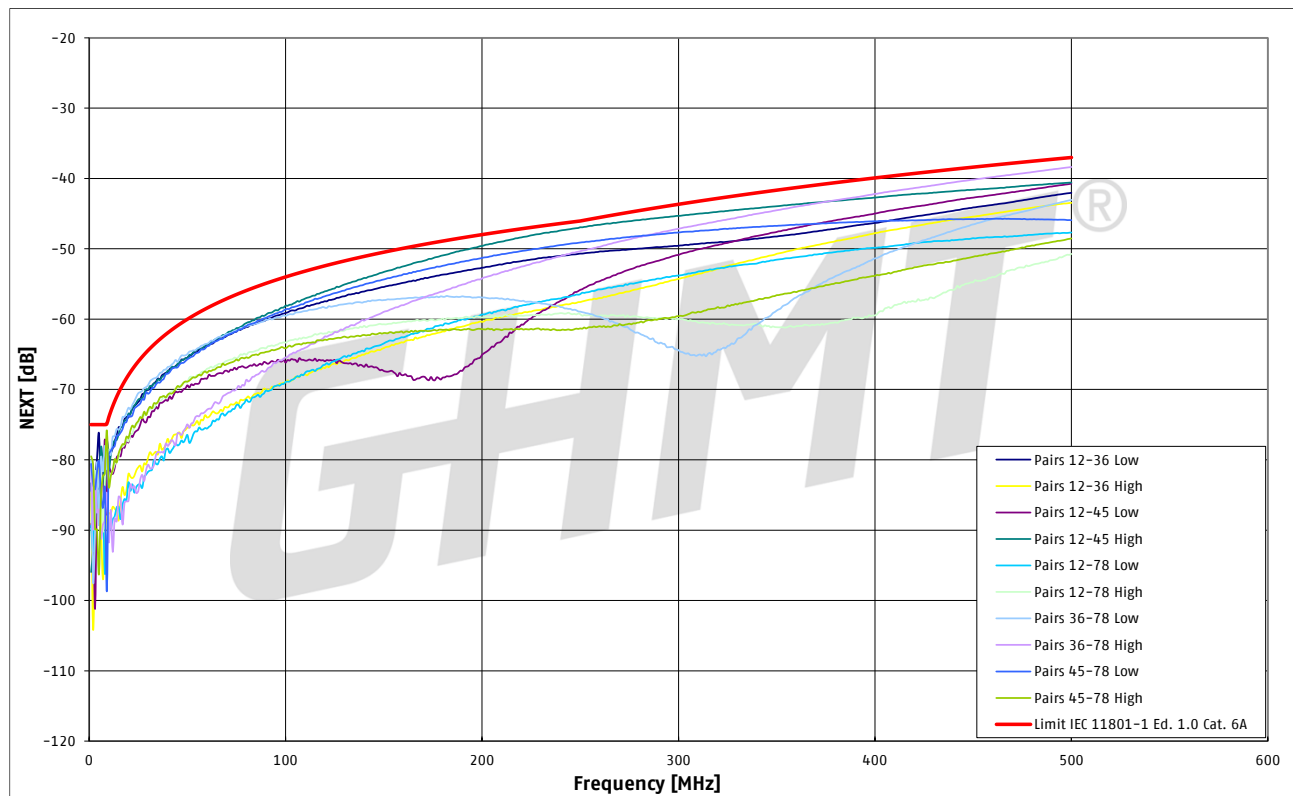
Presentation of the results / Darstellung der Ergebnisse						1a
Decision rule / Entscheidungsregel						
Parameter	Value [mOhm]	Uncertainty [%]	Upper Value [mOhm]	Lower Value [mOhm]	Limit [mOhm]	Compliant
ZT	17,12	---	---	---	$\leq 102,09$	PASS

8.3 Measurement results of the RF parameters / Zusammenstellung der gemessenen HF-Parameter

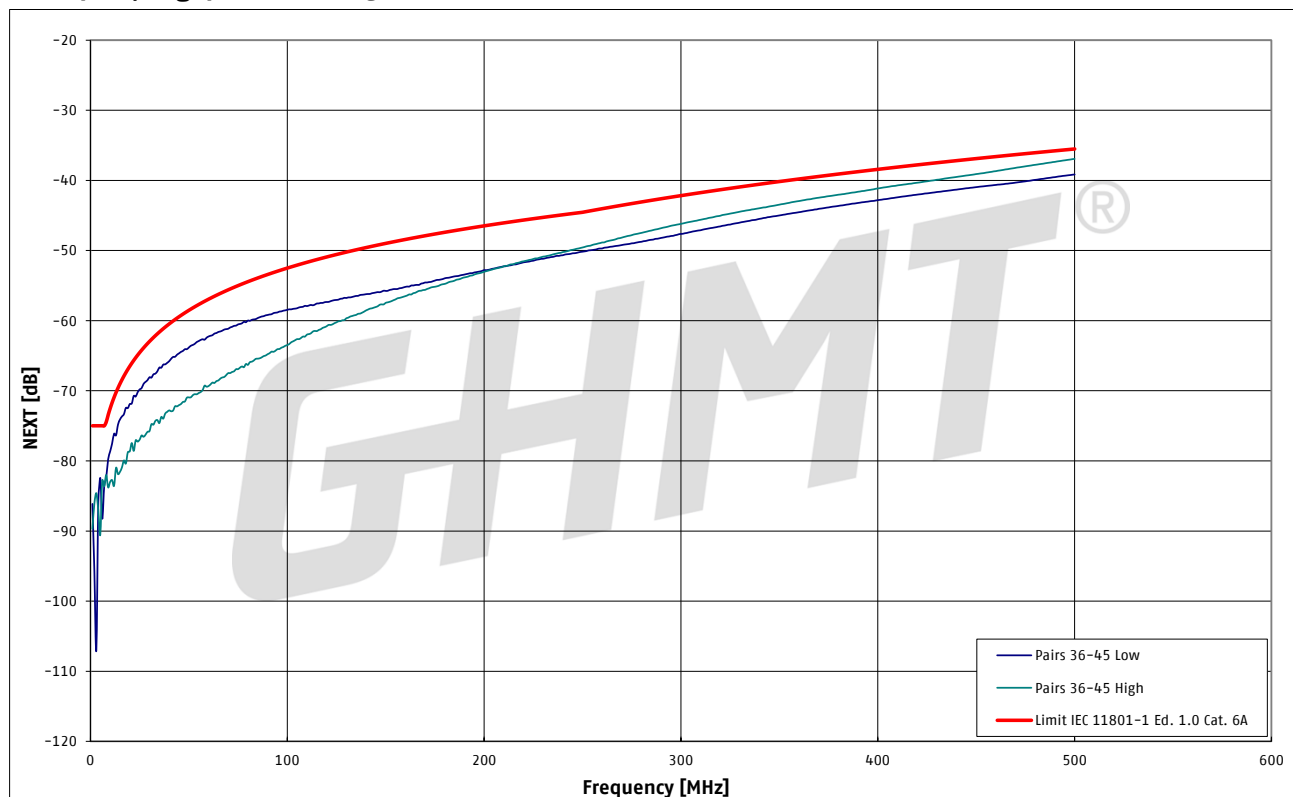
Attenuation / Dämpfung



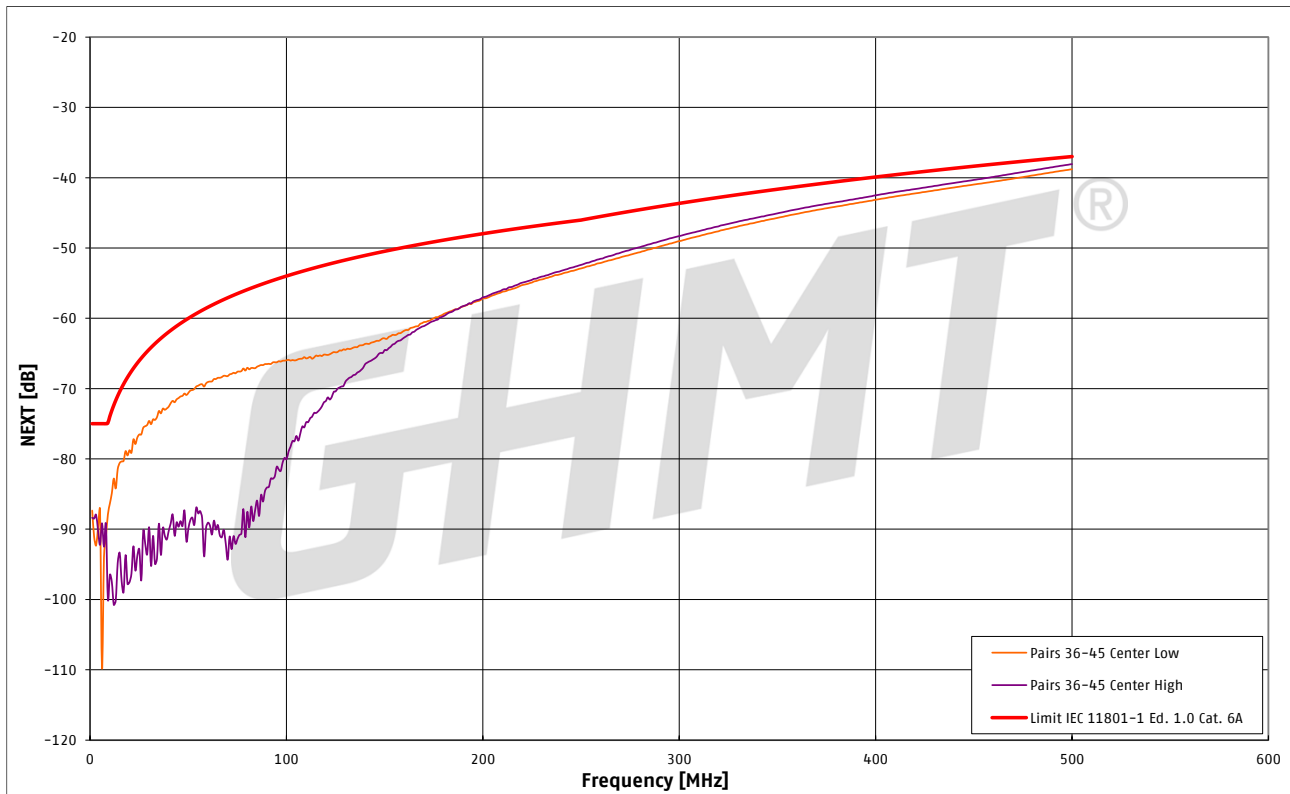
NEXT / NEXT



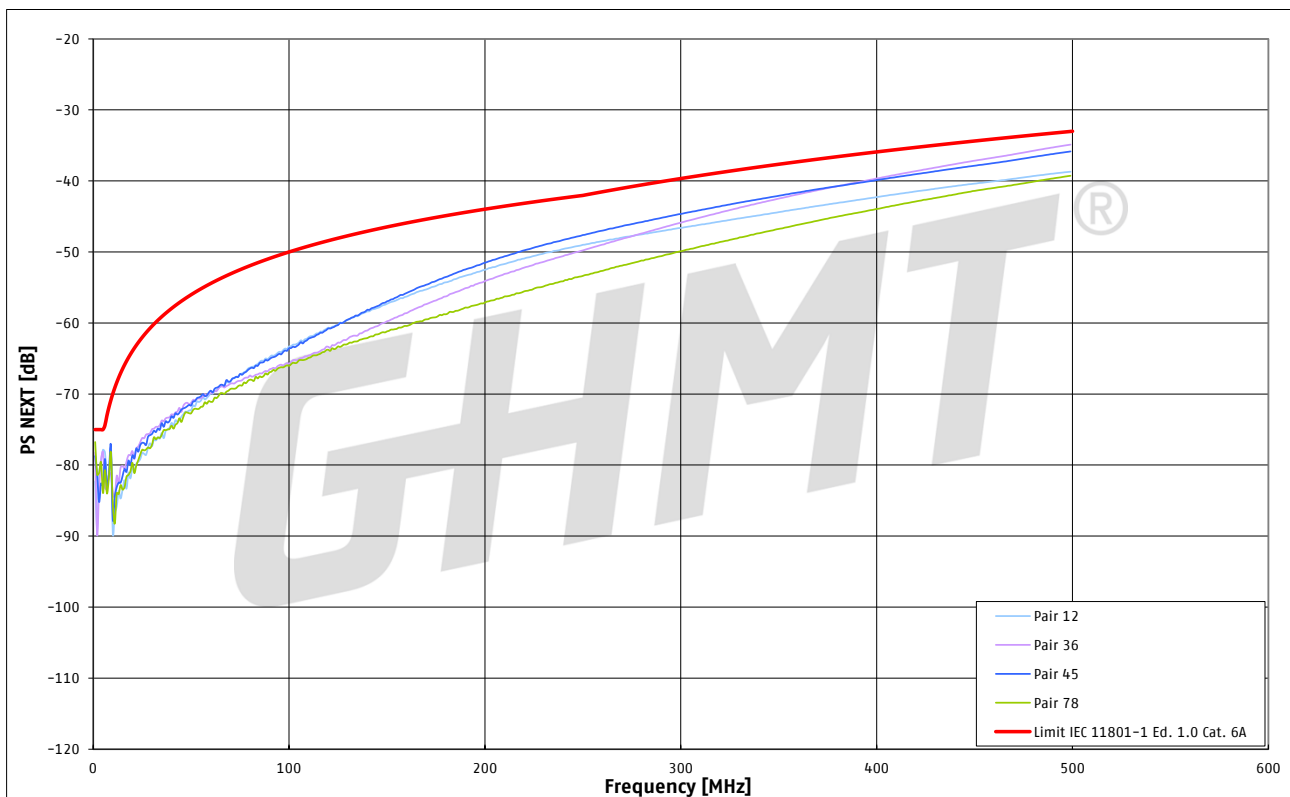
NEXT (low, high) / NEXT (niedrig, hoch)



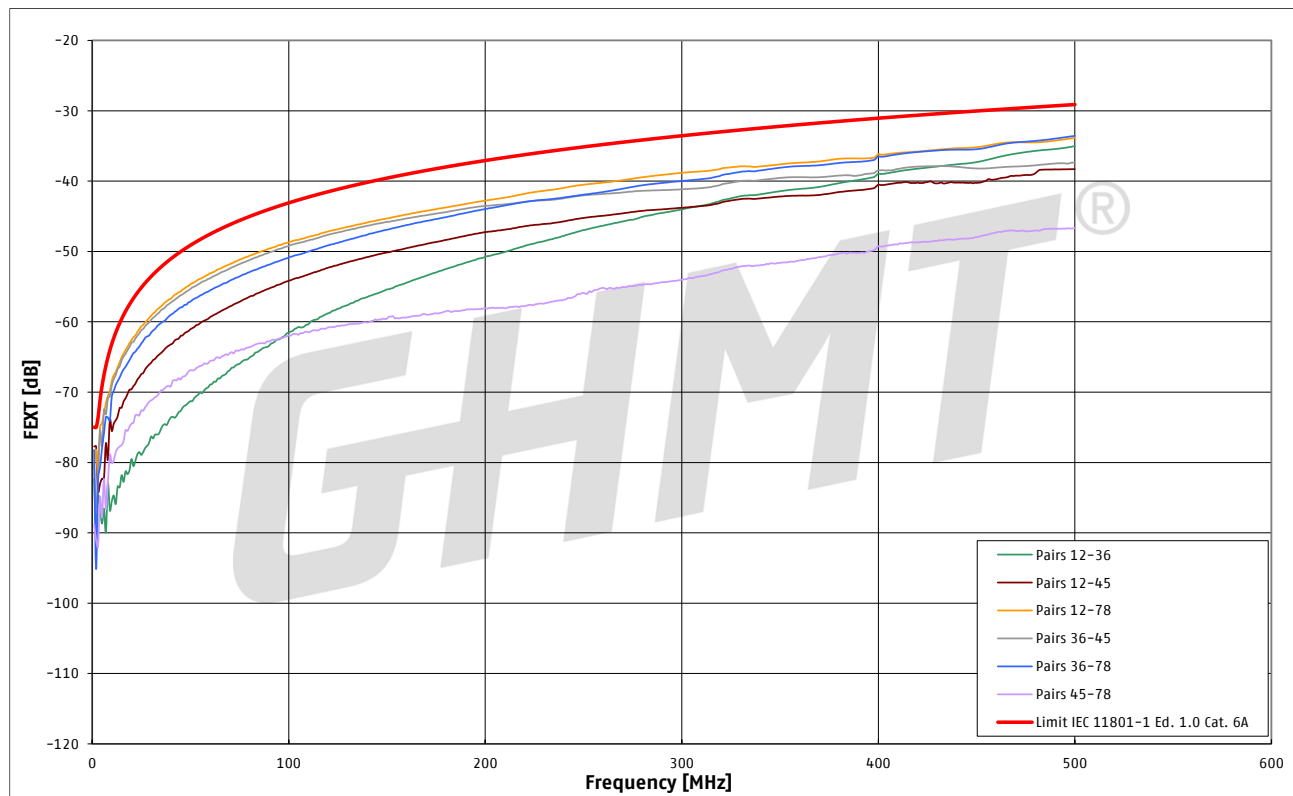
NEXT (center low, center high) / NEXT (Mitte niedrig, Mitte hoch)



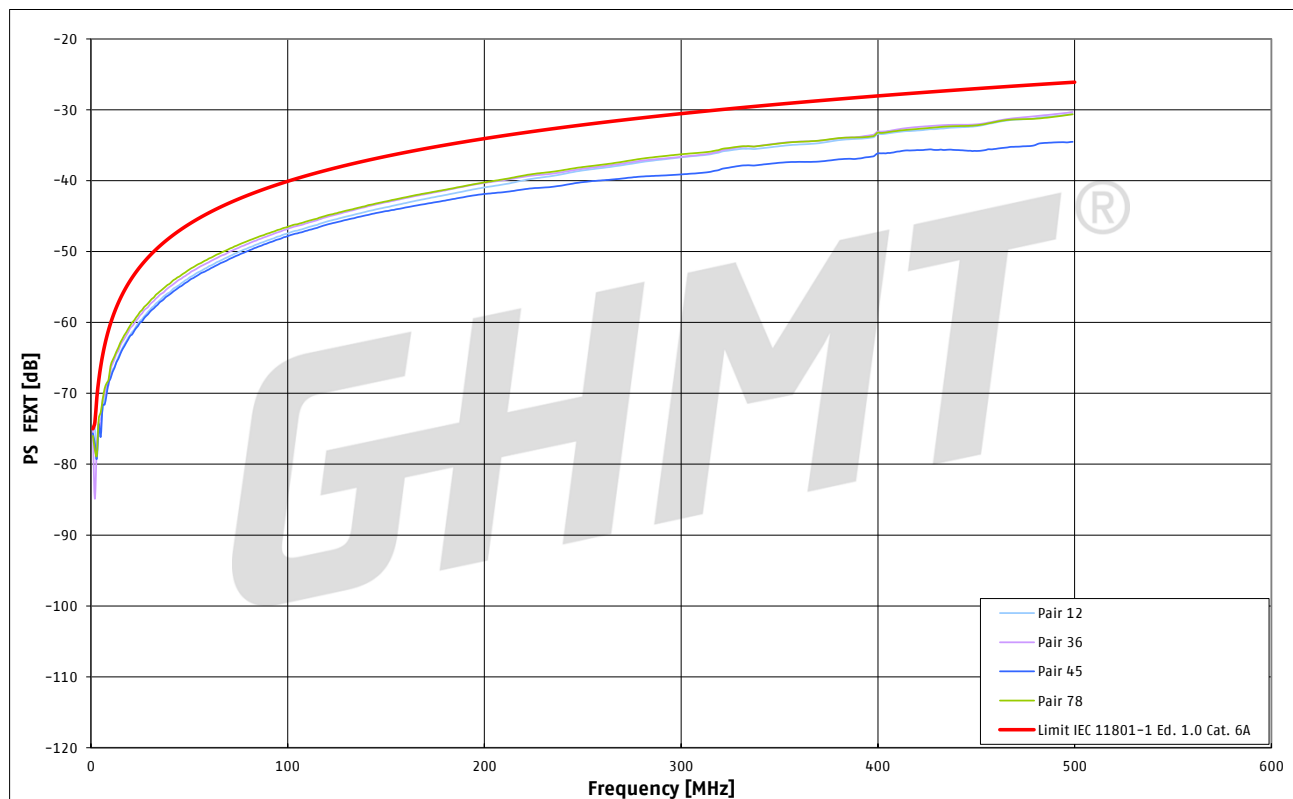
PS NEXT / PS NEXT



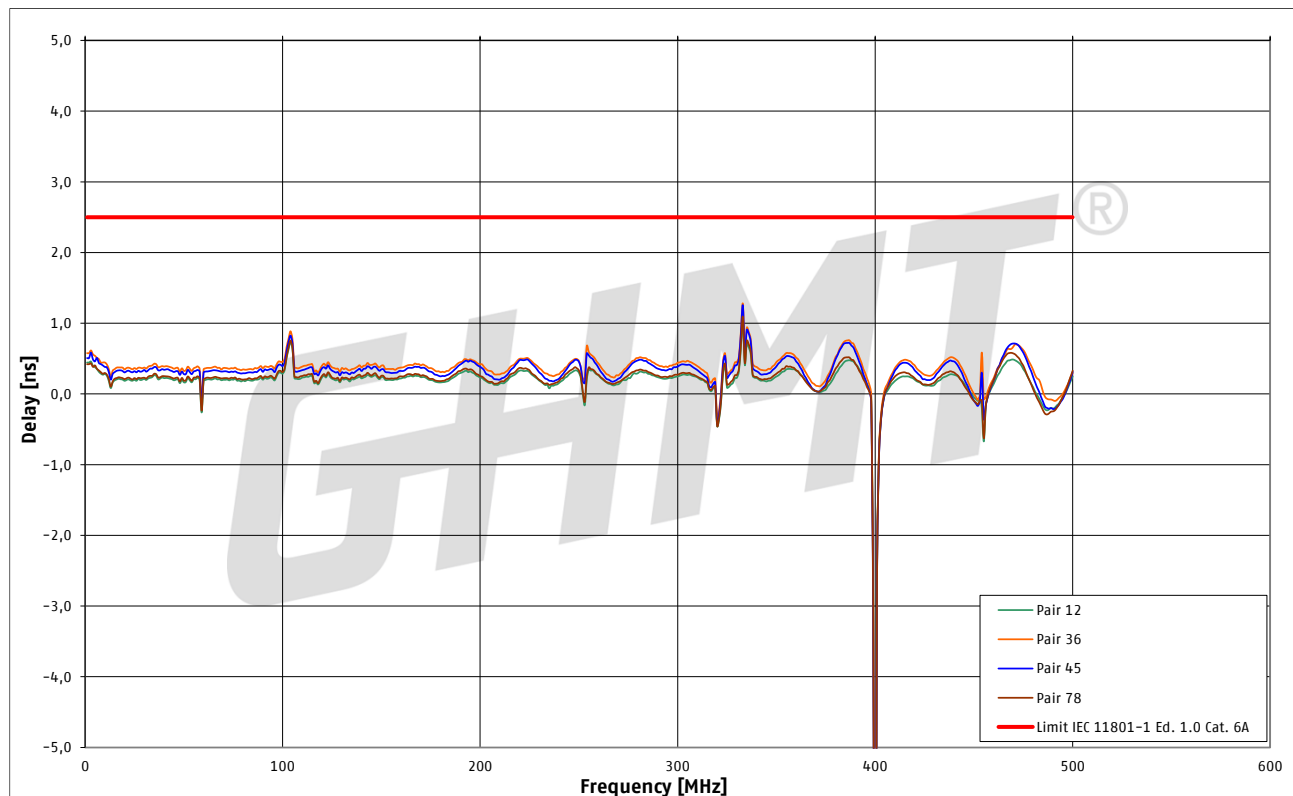
FEXT / FEXT



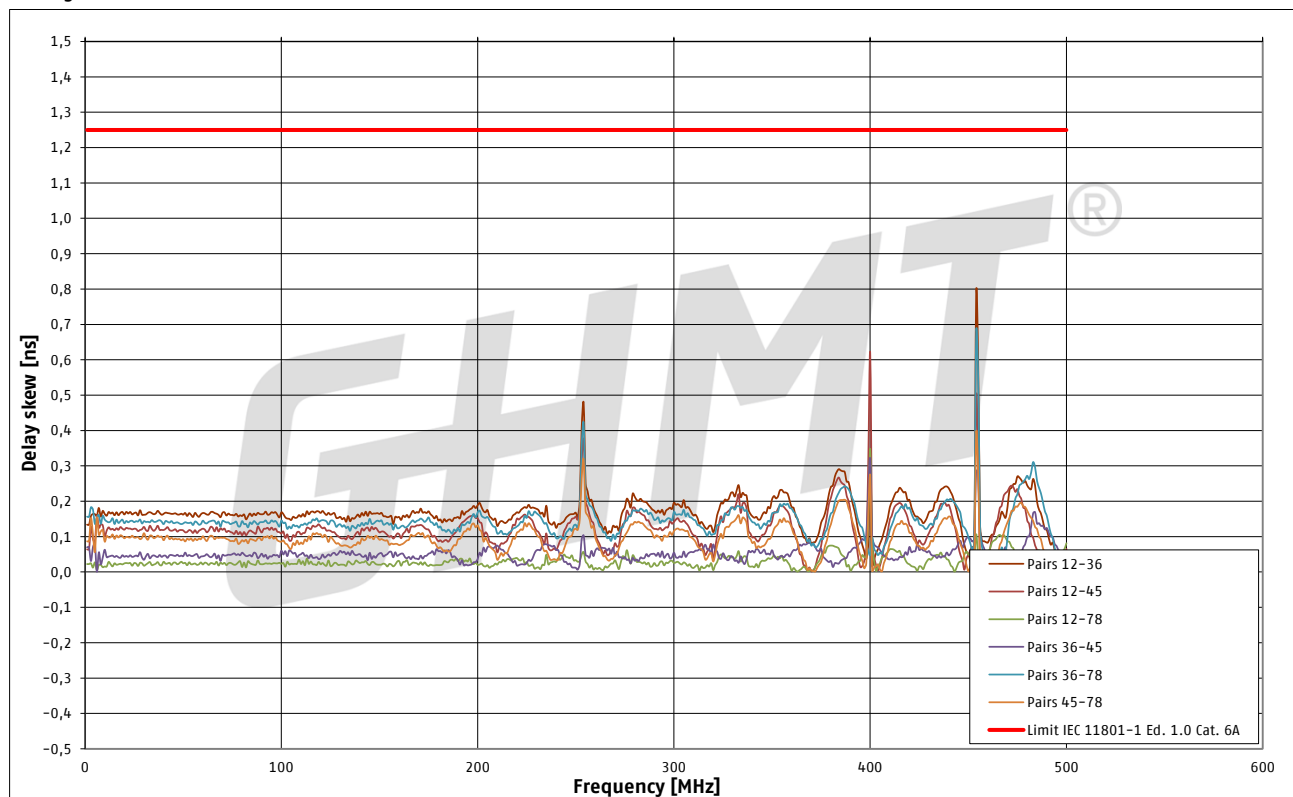
PS FEXT / PS FEXT



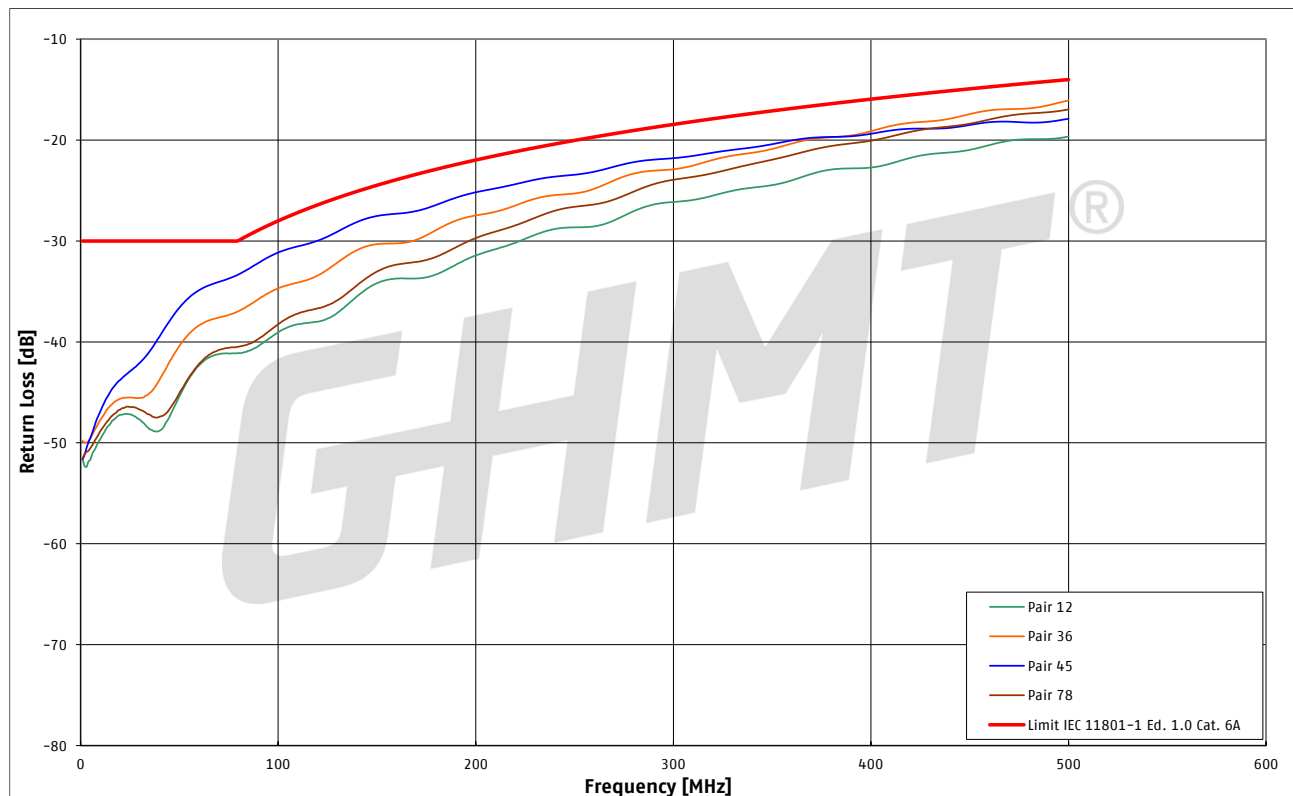
Propagation delay / Laufzeit



Delay skew / Laufzeitunterschied

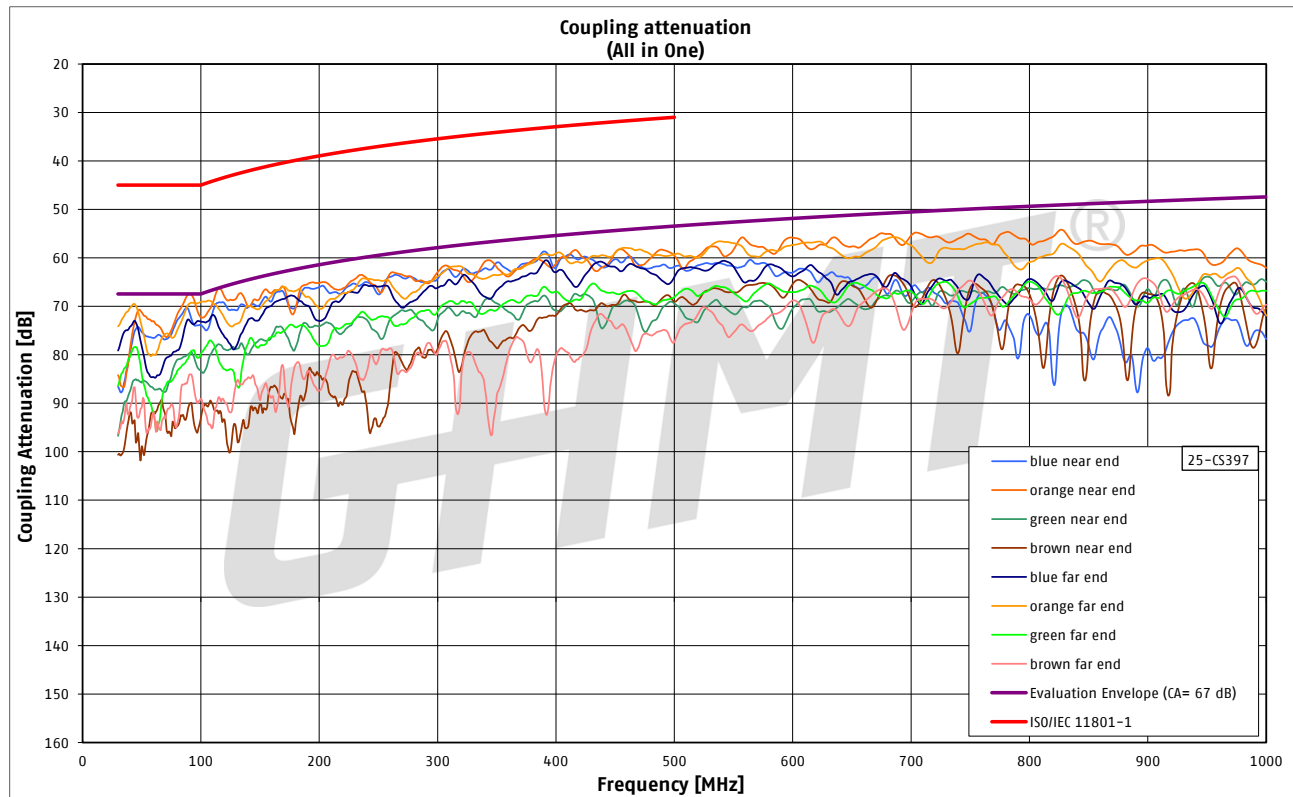


Return loss / Rückflusdämpfung



8.4 Measurement results of the EMC parameters / Zusammenstellung der gemessenen EMV-Parameter

Coupling attenuation / Kopplungsdämpfung



Transfer impedance / Kopplungswiderstand

