DIN EN 60793-1-48
(VDE 0888-248)

DIN

Diese Norm ist zugleich eine **VDE-Bestimmung** im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.

VDE

ICS 33.180.10

Ersatz für
DIN EN 60793-1-48
(VDE 0888-248):2004-06
Siehe jedoch Beginn der Gültigkeit

Lichtwellenleiter –
Teil 1-48: Messmethoden und Prüfverfahren –
Polarisationsmodendispersion
(IEC 60793-1-48:2007);
Deutsche Fassung EN 60793-1-48:2007

Optical fibres –
Part 1-48: Measurement methods and test procedures –
Polarization mode dispersion
(IEC 60793-1-48:2007);
German version EN 60793-1-48:2007

Fibres optiques –
Partie 1-48: Méthodes de mesure et procédures d’essai –
Dispersion de mode de polarisation
(CEI 60793-1-48:2007);
Version allemande EN 60793-1-48:2007

Gesamtumfang 51 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 60793-1-48:2008-05

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2007-09-01 angenommene EN 60793-1-48 gilt als DIN-Norm ab 2008-05-01.

Daneben darf DIN EN 60793-1-48 (VDE 0888-248):2004-06 noch bis 2010-09-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 60793-1-48 (VDE 0888-248):2005-08.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium UK 412.6 „Lichtwellenleiter und Lichtwellenleiterkabel“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom SC 86A „Fibres and cables“ erarbeitet.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60793-1-48 (VDE 0888-248):2004-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) In EN 60793-1-48:2007 wurden mit Verweisung auf IEC/TR 61282-9 die Anhänge E, F, G und H gestrichen und ein neuer Anhang E wurde ergänzt.

Frühere Ausgaben

DIN EN 60793-1-48 (VDE 0888-248): 2004-06

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60793-1-1	IEC 60793-1-1	DIN EN 60793-1-1 (VDE 0888-200-1)	VDE 0888-200-1
EN 60793-1-44	IEC 60793-1-44	DIN EN 60793-1-44 (VDE 0888-244)	VDE 0888-244
EN 60793-2-50	IEC 60793-2-50	DIN EN 60793-2-50 (VDE 0888-325)	VDE 0888-325
EN 60794-3	IEC 60794-3	DIN EN 60794-3 (VDE 0888-108)	VDE 0888-108

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 60793-1-48:2008-05

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 61280-4-4	IEC 61280-4-4	DIN EN 61280-4-4	–
–	IEC/TR 61282-3	–	–
–	IEC/TR 61282-9	–	–
EN 61290-11-1	IEC 61290-11-1	DIN EN 61290-11-1	–
EN 61290-11-2	IEC 61290-11-2	DIN EN 61290-11-2	–
–	IEC 61292-5	–	–
EN 61300-3-32	IEC 61300-3-32	DIN EN 61300-3-32	–
–	ITU-T Recommendation G.650.2	–	–

Nationaler Anhang NB
(informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60793-1-1 (VDE 0888-200-1), *Lichtwellenleiter – Teil 1-1: Mess- und Prüfverfahren – Allgemeines und Leitfaden*

DIN EN 60793-1-44 (VDE 0888-244), *Lichtwellenleiter – Teil 1-44: Messmethoden und Prüfverfahren – Grenzwellenlänge*

DIN EN 60793-2-50 (VDE 0888-325), *Lichtwellenleiter – Teil 2-50: Produktspezifikationen – Rahmenspezifikation für Einmodenfasern der Kategorie B*

DIN EN 60794-3 (VDE 0888-108), *Lichtwellenleiterkabel – Teil 3: Rahmenspezifikation – Außenkabel*

DIN EN 61280-4-4, *Prüfverfahren für Lichtwellenleiter-Kommunikationsuntersysteme – Teil 4-4: Kabelnetze und Übertragungsstrecken – Messung der Polarisationsmodendispersion von installierten Übertragungsstrecken*

DIN EN 61290-11-1, *Prüfverfahren für Lichtwellenleiter-Verstärker – Teil 11-1: Polarisationsmodendispersion – Jones-Matrix-Eigenanalyse (JME)*

DIN EN 61290-11-2, *Prüfverfahren für Lichtwellenleiter-Verstärker – Teil 11-2: Polarisationsmodendispersion – Kugelanalyse nach Poincaré*

DIN EN 61300-3-32, *Lichtwellenleiter – Verbindungselemente und passive Bauteile – Grundlegende Prüf- und Messverfahren – Teil 3-32: Untersuchungen und Messungen – Messung der Polarisationsmodendispersion für passive optische Bauteile*

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 60793-1-48:2008-05

– Leerseite –

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 60793-1-48:2008-05

EUROPÄISCHE NORM

EUROPEAN STANDARD

NORME EUROPÉENNE

EN 60793-1-48

November 2007

ICS 33.180.10

Ersatz für EN 60793-1-48:2003

Deutsche Fassung

Lichtwellenleiter – Teil 1-48: Messmethoden und Prüfverfahren – Polarisationsmodendispersion

(IEC 60793-1-48:2007)

Optical fibres –
Part 1-48: Measurement methods and test procedures –
Polarization mode dispersion
(IEC 60793-1-48:2007)

Fibres optiques –
Partie 1-48: Méthodes de mesure et procédures d'essai –
Dispersion de mode de polarisation
(CEI 60793-1-48:2007)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2007-09-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

© 2007 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 60793-1-48:2007 D

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 60793-1-48:2008-05

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 86A/1038/CDV, zukünftige 2. Ausgabe von IEC 60793-1-48, ausgearbeitet von dem SC 86A „Fibres and cables“ des IEC/TC 86 „Fibre optics“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Umfrage unterworfen und von CENELEC am 2007-09-01 als EN 60793-1-48 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 60793-1-48:2003.

In EN 60793-1-48:2007 wurden mit Verweisung auf IEC/TR 61282-9 die Anhänge E, F, G und H gestrichen und ein neuer Anhang E wurde ergänzt.

Diese Norm muss in Verbindung mit EN 60793-1-1 angewendet werden.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

– spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2008-06-01

– spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2010-09-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60793-1-48:2007 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 60793-1-48:2008-05

Inhalt

Seite

Vorwort ... 2
Einleitung ... 5
1 Anwendungsbereich ... 6
2 Normative Verweisungen ... 6
3 Begriffe ... 6
4 Allgemeines ... 7
4.1 Verfahren zur Messung der PMD ... 7
4.2 Referenzprüfverfahren ... 9
4.3 Gültigkeit ... 9
5 Prüfeinrichtung ... 10
5.1 Lichtquelle und Polarisatoren ... 10
5.2 Eingangsoptik ... 10
5.3 Eingangspositionierer ... 11
5.4 Mantelmodenabstreifer ... 11
5.5 Filter für Moden höherer Ordnung ... 11
5.6 Ausgangspositioniereinrichtung ... 11
5.7 Ausgangsoptik ... 11
5.8 Empfänger ... 11
5.9 Berechnungseinrichtung ... 11
6 Probenahme und Prüfstücke ... 11
6.1 Allgemeines ... 11
6.2 Länge des Prüfstücks ... 12
6.3 Einsatz ... 12
7 Durchführung ... 13
8 Berechnungen und Auswertung der Ergebnisse ... 13
9 Dokumentation ... 13
9.1 Angaben, die bei jeder Messung vorzulegen sind ... 13
9.2 Angaben, die auf Anfrage vorzulegen sind ... 14
10 Spezifikationsangaben ... 14
Anhang A (normativ) Messverfahren mit Festanalysator ... 15
Anhang B (normativ) Auswertung der Stokesschen Parameter ... 26
Anhang C (normativ) Interferometerverfahren ... 31
Anhang D (informativ) Bestimmung des quadratischen Mittelwertes der Breite aus einer Interferenzhüllkurve ... 41
Anhang E (informativ) Glossar der Symbole ... 44
Literaturhinweise ... 46
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen ... 47

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 60793-1-48:2008-05

Seite

Bild A.1 – Blockschaltbilder für Verfahren A 15
Bild A.2 – Typische Ergebnisse für Verfahren A 18
Bild A.3 – PMD durch Fourieranalyse 21
Bild A.4 – Kreuzkorrelations- und Autokorrelationsfunktion 25
Bild B.1 – Blockschaltbild für Verfahren B 26
Bild B.2 – Typische Ergebnisse bei zufälliger Modenkopplung bei Verfahren B 28
Bild B.3 – Typisches Histogramm der DGD-Werte 28
Bild C.1 – Blockschaltbild für Verfahren C (allgemeine Umsetzung) 31
Bild C.2 – Weitere Blockschaltbilder für Verfahren C 33
Bild C.3 – Interferenzhüllkurven bei vernachlässigbarer und zufälliger Modenkopplung 36
Bild C.4 – Interferenzhüllkurven bei vernachlässigbarer und zufälliger Modenkopplung (Messverfahren für GINTY) 38
Bild D.1 – Parameter für die Analyse des Interferogramms 41

Tabelle A.1 – Kosinus-Transformationsberechnungen 24

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 60793-1-48:2008-05

Einleitung

Polarisationsmodendispersion (PMD) verursacht die Ausbreitung eines optischen Impulses im Zeitbereich. Diese Dispersion kann die Leistung eines Telekommunikationssystems beeinträchtigen. Der Effekt bedingt unterschiedliche Phasen- und Gruppenlaufzeiten und entsprechende Empfangszeitpunkte $\delta\tau$ der unterschiedlichen Polarisationskomponenten des Signals. Bei einer ausreichend schmalbandigen Quelle bedingt der Effekt bei einer gegebenen Wellenlänge eine Differenzgruppenlaufzeit (DGD) $\Delta\tau$ zwischen Paaren orthogonal polarisierter Grundpolarisationszustände (PSP). Bei der Breitbandübertragung spalten sich die Laufzeiten auf und ergeben einen Ausgangsimpuls, der sich im Zeitbereich ausbreitet. In diesem Fall ergibt die Ausbreitung einen Mittelwert der DGD-Werte.

Bei langen Fasern ist die DGD sowohl im Zeit- als auch im Wellenlängenbereich zufällig, da sie von den Einzelheiten der Doppelbrechung entlang der gesamten Faser abhängt. Sie wird auch von der zeitabhängigen Temperatur und mechanischen Störungen der Faser beeinflusst. Aus diesem Grund ist ein praktischer Weg zur Beschreibung der PMD in langen Fasern die Angabe des Erwartungswertes $<\Delta\tau>$ oder der mittleren DGD über der Wellenlänge. Anders als die Parameter $\delta\tau$ oder $\Delta\tau$ unterliegt der Erwartungswert $<\Delta\tau>$ für eine vorgegebene Faser von Tag zu Tag oder Quelle zu Quelle grundsätzlich keinen großen Schwankungen. Darüber hinaus liefert $<\Delta\tau>$ eine nützliche Vorhersage des Verhaltens des LWL-Systems.

Der Begriff „PMD“ wird sowohl im allgemeinen Sinn für zwei Polarisationsmoden mit unterschiedlichen Gruppenlaufzeiten als auch im speziellen Sinn für den Erwartungswert $<\Delta\tau>$ benutzt. Die DGD $\Delta\tau$ oder die Impulsverbreiterung $\delta\tau$ kann über der Wellenlänge (ergibt $<\Delta\tau>_\lambda$), über der Zeit (ergibt $<\Delta\tau>_t$) oder über der Temperatur (ergibt $<\Delta\tau>_T$) gemittelt werden. In den meisten Fällen ist für die Ermittlung von $<\Delta\tau>$ keine Unterscheidung zwischen diesen verschiedenen Möglichkeiten erforderlich.

Die Kopplungslänge l_c ist die Faser- oder Kabellänge, bei der eine deutliche Kopplung zwischen den beiden Polarisationszuständen (SOP) beginnt. Erfüllt die Faserlänge L die Bedingung $L << l_c$, kann die Modenkopplung vernachlässigt werden und $<\Delta\tau>$ steigt mit der Faserlänge. Der entsprechende PMD-Koeffizient ist

$$\text{PMD-Koeffizient für „kurze Längen“} = <\Delta\tau> / L$$

Bei Fasern in praktischen Systemen trifft fast immer $L >> l_c$ zu, Betriebszustand und Modenkopplung sind dann zufällig. Wenn die Modenkopplung zufällig ist, steigt $<\Delta\tau>$ mit dem Quadrat der Faserlänge und es gilt

$$\text{PMD-Koeffizient für „lange Längen“} = <\Delta\tau> / \sqrt{L}$$

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN 60793-1-48:2008-05

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 60793 gilt für drei Verfahren zur Messung der Polarisationsmodendispersion (PMD), die in Abschnitt 4 beschrieben werden. In diesem Teil werden einheitliche Anforderungen für die Messung der PMD von Einmodenfasern festgelegt, die der Überprüfung von Fasern und Kabeln für kommerzielle Zwecke dienen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60793-1-1, *Optical fibres – Part 1-1: Measurement methods and test procedures – General and guidance*

IEC 60793-1-44, *Optical fibres – Part 1-44: Measurement methods and test procedures – Cut-off wavelength*

IEC 60793-2-50, *Optical fibres – Part 2-50: Product specifications – Sectional specification for class B single-mode fibres*

IEC 60794-3, *Optical fibre cables – Part 3: Sectional specification – Outdoor cables*

IEC 61280-4-4, *Fibre optic communication subsystem test procedures – Part 4-4: Cable plants and links – Polarization mode dispersion measurement for installed links*

IEC/TR 61282-3, *Fibre optic communication system design guides – Part 3: Calculation of link polarisation mode dispersion*

IEC/TR 61282-9, *Fibre optic communication system design guides – Part 9: Guidance on polarisation mode dispersion measurements and theory*

IEC 61290-11-1, *Optical amplifier test methods – Part 11-1: Polarization mode dispersion – Jones matrix eigenanalyis method (JME)*

IEC 61290-11-2, *Optical amplifiers – Test methods - Part 11-2: Polarization mode dispersion parameter – Poincaré sphere analysis method*

IEC/TR 61292-5, *Optical amplifiers – Part 5: Polarisation mode dispersion parameter – General information*

IEC 61300-3-32, *Fibre optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-32: Examinations and measurements – Polarization mode dispersion measurement for passive optical components*

ITU-T Recommendation G.650.2, *Definitions and test methods for statistical and non-linear related attributes of single-mode fibre and cable*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ITU-T-Empfehlung G.650.2.

ANMERKUNG Weitere Erläuterungen zur Anwendung der Begriffe in dieser Norm sind in IEC 61282-9 enthalten.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN 60793-1-48:2008-05

4 Allgemeines

4.1 Verfahren zur Messung der PMD

Zur Messung der PMD werden drei Verfahren beschrieben (zu Einzelheiten siehe Anhänge A, B und C). Nachfolgend sind die Verfahren in der Reihenfolge ihrer Einführung aufgeführt. Für einige Verfahren werden mehrere Ansätze zur Analyse der Messergebnisse angegeben.

– Verfahren A
  - Festanalysator (FA)
  - Extremwertzählung (EC)
  - Fouriertransformation (FT)
  - Kosinus-Fouriertransformation (CFT)

– Verfahren B
  - Auswertung der Stokesschen Parameter (SPE)
  - Jones-Matrix-Eigenanalyse (JME)
  - Analyse mit der Poincaréschen Kugel (PSA)
  - Polarisationszustand (SOP)

– Verfahren C
  - Interferometrie (INTY)
  - übliche Analyse (TINTY)
  - allgemeine Analyse (GINTY)

Der PMD-Wert wird als DGD $\Delta\tau$ definiert, die sich gewöhnlich mit der Wellenlänge ändert, und wird als statistisches Maß angegeben. Gleichung (1) ergibt einen linearen Mittelwert und wird zur Spezifikation von LWL-Kabeln benutzt. Gleichung (2) ergibt den quadratischen Mittelwert, der durch verschiedene Verfahren angegeben wird. Gleichung (3) kann zur Umrechnung eines Wertes in den anderen benutzt werden, wenn angenommen wird, dass die DGDs einer Maxwell-Verteilung unterliegen.

$$PMD_{AVG} = \langle \Delta\tau \rangle \tag{1}$$

$$PMD_{RMS} = \langle \Delta\tau^2 \rangle^{1/2} \tag{2}$$

$$\langle \Delta\tau \rangle = \left(\frac{8}{3\pi} \right)^{1/2} \langle \Delta\tau \rangle^{1/2} \tag{3}$$

ANMERKUNG Gleichung (3) gilt nur, wenn die DGDs einer Maxwell-Verteilung unterliegen, z. B. wenn die Modenkopplung der Faser zufällig ist. Die allgemeine Anwendung von Gleichung (3) kann durch statistische Analyse nachgeprüft werden. Es liegt keine Maxwell-Verteilung vor, wenn Punktquellen mit erhöhter Doppelbrechung (relativ zum Rest der Faser) vorhanden sind, wie bei einer engen Biegung oder anderen Erscheinungen, die die Modenkopplung verringern, wie ein dauerhaft geringer Biegeradius mit unter Zugspannung stehender Faser. In diesen Fällen beginnt die Verteilung der DGDs der Quadratwurzel einer nichtzentralen Chi-Quadrat-Verteilung mit drei Freiheitsgraden zu ähneln. Dabei ist der PMD_{RMS}-Wert gegenüber dem PMD_{AVG}-Wert im Allgemeinen größer, was in Gleichung (3) angegeben ist. Bei Verfahren im Zeitbereich wie Verfahren C und Verfahren A, Kosinus-Fouriertransformation, die auf PMD_{RMS} beruhen, kann Gleichung (3) für eine Umrechnung in PMD_{AVG} benutzt werden. Wird die Modenkopplung verringert, kann der resultierende angegebene PMD-Wert aus diesen Verfahren die Werte übersteigen, die durch Messungen von PMD_{AVG} im Frequenzbereich ermittelt werden, wie bei Verfahren B.

Der PMD-Koeffizient ist der auf die Faserlänge normierte PMD-Wert. Bei gewöhnlichen Übertragungsfasern, bei denen zufällige Modenkopplung vorliegt und die DGDs einer Maxwell-Zufallsvariable unterliegen, wird der PMD-Wert durch die Quadratwurzel der Länge geteilt und der PMD-Koeffizient wird in der Einheit ps/km$^{1/2}$

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN 60793-1-48:2008-05

angegeben. Bei einigen Fasern mit vernachlässigbarer Modenkopplung wie Fasern mit konstanter Polarisation wird der PMD-Wert durch die Länge geteilt und der PMD-Koeffizient wird in der Einheit ps/km angegeben.

Alle Verfahren sind für die Labormessung von Fertigungslängen von Lichtwellenleitern und LWL-Kabeln geeignet. Bei allen Verfahren können Änderungen des Einsatzes des Prüflings die Ergebnisse verändern. Für beweglich oder schwingend installierte Längen von LWL-Kabeln ist entweder Verfahren C oder Verfahren B geeignet (bei einem Messaufbau mit Zeitskala in Millisekunden).

Bei allen Verfahren sind Lichtquellen erforderlich, die mit einem oder mehreren SOPs gesteuert werden. Alle Verfahren erfordern die Einkopplung von Licht mit einem breiten Spektralbereich (d. h. 50 nm bis 200 nm Breite), damit ein für den Bereich (d. h. 1 300 nm oder 1 550 nm) charakteristischer PMD-Wert erhalten wird. Die Verfahren unterscheiden sich in:

a) den Wellenlängenkennwerten der Quelle;

b) den tatsächlich gemessenen physikalischen Kennwerten;

c) den Analyseverfahren.

Verfahren A misst die PMD, indem die Antwort auf eine Änderung schmalbandigen Lichtes über einem Wellenlängenbereich gemessen wird. An der Quelle ist das Licht mit einem oder mehreren Polarisationszuständen linear polarisiert. Für jeden SOP wird als Funktion der Wellenlänge die Änderung der Ausgangsleistung, die durch einen festen Polarisationsanalysator gefiltert wird, relativ zu der Leistung gemessen, die ohne den Analysator ermittelt wird. Die sich ergebende Messfunktion kann auf eine von drei Arten analysiert werden:

– durch Zählen der Anzahl von Bergen und Tälern (Extremwertzählung) der Kurve und Anwendung einer Gleichung, für die nachgewiesen wurde [1][1)], dass sie dem Mittelwert der DGD-Werte genügt, wenn die DGDs einer Maxwell-Verteilung unterliegen. Diese Analyse wird als Ansatz im Frequenzbereich bezeichnet;

– durch Ausführen der Fouriertransformation für die Messfunktion. Diese Transformierte entspricht der Impulsverbreiterung, die durch Breitbandübertragung nach Verfahren C erreicht wird. Die entsprechende Bestimmung der Breite der Transformationsfunktion genügt dem Mittelwert der DGD-Werte, wenn die DGDs einer Maxwell-Verteilung unterliegen;

– durch Ausführen der Kosinus-Fouriertransformation für die Differenz der normierten Spektren von zwei orthogonalen Analysatoreinstellungen und Berechnung des quadratischen Mittelwertes der quadrierten Hüllkurve. Es wird der PMD_{RMS}-Wert aufgezeichnet. Dies entspricht der Nachbildung des Interferenzmusters der Kreuzkorrelationsfunktion, das sich bei Messungen mit dem Interferometer ergeben würde.

Verfahren B misst die PMD, indem die Antwort auf eine Änderung schmalbandigen Lichtes über einem Wellenlängenbereich gemessen wird. An der Quelle ist das Licht mit einem oder mehreren Polarisationszuständen linear polarisiert. Für jede Wellenlänge wird der Stokessche Vektor des Ausgangslichtes gemessen. Die Änderung dieser Stokesschen Vektoren mit der optischen Kreisfrequenz ω und mit der (möglichen) Änderung des Eingangszustandes der Polarisation ergibt die DGD als Funktion der Wellenlänge durch Beziehungen, die auf folgenden Definitionen beruhen:

$$\frac{\mathrm{d}s(\omega)}{\mathrm{d}\omega} = \Omega(\omega) \times s(\omega) \tag{4}$$

$$\Delta\tau(\omega) = \left|\Omega(\omega)\right| \tag{5}$$

Dabei ist:

s der normierte Stokessche Ausgangsvektor;

Ω der Vektor der Polarisationsdispersion (PDV) in Richtung der Grundzustände der Polarisation;

$\Delta\tau$ die DGD.

[1)] Zahlenwerte in eckigen Klammern beziehen sich auf die Literaturhinweise.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN 60793-1-48:2008-05

Für die JME- und die PSA-Analyse müssen für jede Wellenlänge drei lineare SOPs mit nominell 0°, 45° und 90° (orthogonal an der Poincaréschen Kugel) eingekoppelt werden.

Der JME-Ansatz wird durchgeführt, indem die Stokesschen Ausgangsvektoren in Jones-Matrizen [2] umgewandelt werden, geeignete Kombinationen der Matrizen bei benachbarten Wellenlängen gebildet werden und eine Berechnung mit den Eigenwerten des Ergebnisses durch Anwendung einer Argumentgleichung bei der Grundfrequenz durchgeführt wird, um die DGD zu bestimmen.

Der PSA-Ansatz wird ausgeführt, indem an den normierten Stokesschen Ausgangsvektoren eine Matrizenrechnung ausgeführt wird, um auf die Rotation des Stokesschen Ausgangsvektors an der Poincaréschen Kugel bei zwei benachbarten Wellenlängen zu schließen, gefolgt von der Anwendung einer Arcussinus-Gleichung zum Bestimmen der DGD. Der JME-Ansatz und der PSA-Ansatz sind bei gemeinsamen Annahmen mathematisch gleichwertig (siehe IEC 61282-9).

Der SOP-Ansatz beruht auf der schrittweisen Bewertung von Gleichung (4) unter Anwendung der gemessenen normierten Stokesschen Vektoren. Der SOP-Ansatz kann zu guten Ergebnissen führen, wenn der Übergang des Stokesschen Ausgangsvektors gut zu vollziehen ist (vernachlässigbare Modenkopplung), er kann aber falsche Ergebnisse erzeugen, wenn sich der Stokessche Ausgangsvektor schnell und zufällig ändert (siehe IEC 61282-9). Die zusätzliche Messzeit, die für die drei Eingangszustände der Polarisation für JME und PSA erforderlich ist, führt zu einer zuverlässigeren Messung.

Verfahren C beruht auf einer breitbandigen Lichtquelle, die linear polarisiert ist. Die Kreuzkorrelation des austretenden elektromagnetischen Feldes wird durch Interferenzmuster des Ausgangslichtes, d. h. ein Interferogramm, bestimmt. Die Ermittlung der PM-Verzögerung für den Wellenlängebereich, der mit dem Quellenspektrum verbunden ist, beruht auf der Hüllkurve des Interferenzmusters des Interferogramms. Zur Ermittlung der PM-Verzögerung stehen zwei Analysen zur Verfügung (siehe IEC 61282-9), bei denen der PMD_{RMS}-Wert gemessen wird:

– Bei der üblichen Analyse (TINTY) wird für eine erfolgreiche Anwendung eine Menge bestimmter Betriebsbedingungen und eine Grundeinstellung verwendet;
– bei der allgemeinen Analyse (GINTY) sind die Betriebsbedingungen nicht eingeschränkt, aber zusätzlich zur gleichen Grundeinstellung wird im Vergleich zu TINTY außerdem ein modifizierter Aufbau benutzt.

Mit Ausnahme des Shop-Ansatzes nach Verfahren B stellt der Analysenansatz eine Weiterentwicklung des Verständnisses der PMD dar. GINTY ist z. B. umfassender als TINTY. Die Wiederholpräzision der PMD hängt vom PM-Pegel und vom Wellenlängenbereich der Messung ab [3]. Eine bessere relative Vergleichspräzision wird bei breiteren Wellenlängenbereichen und höheren PM-Werten für einen vorgegebenen Bereich erreicht. Bei Messungen von höheren PM-Werten wie z. B. 0,5 ps sind die Unterschiede im Analyseverfahren weniger wesentlich als bei Messungen von niedrigen PMD-Werten.

Gemeinsame Informationen für alle drei Verfahren sind in den Abschnitten 4 bis 10 enthalten und Anforderungen für jedes einzelne Verfahren in den Anhängen A, B bzw. C. Die mathematische Formulierung aller Verfahren ist in IEC 61282-9 enthalten.

4.2 Referenzprüfverfahren

Das Referenzprüfverfahren (RTM) zur Klärung von Widersprüchen ist Verfahren B, Auswertung der Stokes schen Parameter (nur JME- und PSA-Ansatz).

4.3 Gültigkeit

Die PMD in Fasern ist ein statistischer Parameter. IEC 60794-3 beinhaltet eine statistische Anforderung an die PMD, die als PMD_Q oder Konstruktionswert der Verbindungsstrecke bezeichnet wird und auf Abtastungsmessungen von LWL-Kabeln und Berechnungen für zusammengeschaltete Verbindungen beruht. Die PMD einer verkabelten Faser kann sich aufgrund von Auswirkungen der Kabelanordnung und der Kabelverarbeitung von der PMD der unverkabelten Faser unterscheiden. Zur Begrenzung der PMD_Q der verkabelten Faser ist jedoch eine Begrenzung der PMD_Q der unverkabelten Faser erforderlich. Als konservative Regel wird allgemein die Begrenzung der PMD_Q derunverkabelten Faser auf weniger als die Hälfte der PMD_Q der ver-

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN 60793-1-48:2008-05

kabelten Faser betrachtet. Für einen besonderen Aufbau und eine stabile Kabelverarbeitung dürfen andere Grenzwerte festgelegt werden.

Der Faser- oder Kabeleinsatz sollte so ausgewählt werden, dass die von außen induzierte Modenkopplung möglichst klein ist. Quellen solcher äußeren Modenkopplung können sein:

a) starker Zug;

b) starke Biegung durch:
   - Faserübergänge auf einer Liefertrommel;
   - Crimpen der Faser in einem Kabel auf einer zu kleinen Trommel;
   - zu kleiner Biegeradius;

c) starkes Verdrillen.

Nach der Störung der Faser sollte die Vergleichspräzision einzelner Messungen bewertet werden, um die Abtastung des gesamten Bereiches der Kombinationen der Modenkopplung zu ermöglichen. Das kann beispielsweise durch leichte Temperaturänderung oder Vornehmen kleiner Änderungen beim Einsatz erreicht werden. Gisin [3] gibt eine grundlegende Grenze der Vergleichspräzision für Messungen an und weist nach, dass die relative Vergleichspräzision steigt, wenn die PMD und die spektrale Breite der Quelle steigen. Wenn PMD-Messungen zur Bewertung der statistischen Spezifikation eines LWL-Kabels kombiniert werden (siehe IEC 60794-3), führt diese Veränderlichkeit zu einer möglichen Überbewertung des Konstruktionswertes der Verbindungsstrecke.

Richtlinien für die Berechnung der PMD für Systeme, die andere Bauelemente wie Dispersionskompensatoren oder optische Verstärker enthalten, sind in IEC 61282-3 angegeben. Prüfverfahren für optische Verstärker sind in IEC 61290-11-1 und IEC 61290-11-2 angegeben und weitere Entwurfsrichtlinien in IEC 61292-5. Prüfverfahren für die Prüfung von Verbindungsstrecken einschließlich von Verstärkungen sind in IEC 61280-4-4 enthalten. Prüfverfahren für optische Bauelemente sind in IEC 61300-3-32 enthalten. Allgemeine Informationen über PMD, die mathematische Formulierung für die Anwendung der vorliegenden Verfahren und bestimmte Betrachtungen bezogen auf die Abtastungstheorie bei Verwendung unterschiedlicher Lichtquellen und Empfangssysteme sind in IEC 61282-9 angegeben.

5 Prüfeinrichtung

Für alle drei Messverfahren wird folgende Messeinrichtung verwendet. Die Anhänge A, B und C enthalten Übersichtsbilder bzw. andere Geräteanforderungen für jedes der drei Messverfahren.

5.1 Lichtquelle und Polarisatoren

Einzelheiten über die spektralen Kennwerte der Lichtquelle siehe Anhänge A, B und C. Die Quelle muss eine ausreichende Strahlung bei der (den) vorgesehenen Wellenlänge(n) erzeugen und über eine für die Durchführung der Messung ausreichende Zeitperiode eine stabile Intensität aufweisen. IEC 61282-9 enthält weitere Richtlinien für den Eingangs-SOP der Quelle, den Polarisationsgrad (DOP), den Einsatz von Polarisatoren und Polarisationsreglern.

5.2 Eingangsoptik

Zur Anregung des Prüflings kann ein optisches Linsensystem oder eine Anschlussfaser benutzt werden. Es wird empfohlen, dass die in den Prüfling eingekoppelte Leistung relativ unempfindlich für die Stelle der Eingangsendfläche ist. Das kann mit einem Einkopplungsstrahl erreicht werden, der die Eingangsendfläche räumlich und winkelabhängig voll anregt.

Bei Anwendung eines Stirnflächenspleißes werden zur Vermeidung von Interferenzeffekten zwischen der Anschlussfaser und dem Prüfling Werkstoffe mit angepasster Brechzahl eingesetzt. Für die Dauer der Messung muss die Kopplung stabil sein.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN 60793-1-48:2008-05

5.3 Eingangspositionierer

Es sind Mittel vorzusehen, mit denen das Eingangsende des Prüflings zur Lichtquelle ausgerichtet wird. Beispiele sind x-y-z-Mikropositionierstufen oder mechanische Kopplungseinrichtungen, wie Steckverbinder, Vakuumspleiße, Dreiwalzenspleiße usw. Die Lage der Faser muss für die Dauer der Messung stabil bleiben.

5.4 Mantelmodenabstreifer

Es ist eine Einrichtung zur Entfernung von Mantelmoden einzusetzen. Unter bestimmten Umständen übernimmt die Faserbeschichtung diese Funktion.

5.5 Filter für Moden höherer Ordnung

Es sind Mittel zur Entfernung von sich ausbreitenden Moden höherer Ordnung im gewünschten Wellenlängenbereich, der größer oder gleich der Grenzwellenlänge (siehe IEC 60793-1-44) des Prüflings ist, vorzusehen. Im Allgemeinen ist beispielsweise der Biegeradius von 30 mm einer Faserwicklung ausreichend.

5.6 Ausgangspositioniereinrichtung

Es sind geeignete Mittel zu verwenden, um die Ausgangsendfläche der Faser auf die Ausgangsoptik auszurichten. Eine derartige Kopplung kann die Verwendung von Linsen einschließen oder ein mechanischer Steckverbinder mit einer Empfänger-Anschlussfaser sein.

Zur Anordnung der Faser in einem festen Abstand von der Ausgangsoptik sind Mittel wie ein Schrägsichtmikroskop oder eine Kamera mit einem Fadenkreuz anzuwenden. Es kann ausreichen, nur eine Längseinstellung vorzusehen, wenn die Faser in der Querebene mit einer Einrichtung wie einer Unterdruckspannvorrichtung eingespannt ist.

5.7 Ausgangsoptik

Siehe entsprechender Anhang A, B oder C.

5.8 Empfänger

Zum Signalempfang wird ein optischer Empfänger benutzt, der über dem Intensitätsbereich und die Messzeiten, die bei der Durchführung der Messungen auftreten, linear und stabil ist. Ein typisches System könnte einen Synchronempfang mit einem Chopper/Lock-in-Verstärker, ein optisches Leistungsmessgerät, einen optischen Spektralanalysator oder ein Polarimeter umfassen. Zur Anwendung des gesamten Spektralbereiches der Quelle muss das Empfangssystem einen Wellenlängenbereich aufweisen, der die Wellenlängen umfasst, die von der Lichtquelle erzeugt werden. Weitere Einzelheiten siehe entsprechenden Anhang A, B oder C.

5.9 Berechnungseinrichtung

Zur Ausführung der Operationen wie Steuerung der Vorrichtung, Aufnahme der Intensitätsmessungen und Verarbeitung der Daten zum Erhalten der Endergebnisse wird ein Rechner benutzt.

6 Probenahme und Prüfstücke

6.1 Allgemeines

Ein Prüfstück besteht aus einer Einmodenfaser bekannter Länge (IEC 60793-2-50), die verkabelt sein kann, aber nicht sein muss. Während der gesamten Messung müssen Prüfstück und Anschlussfasern bei einer nominell konstanten Temperatur in einer festen Lage gehalten werden. Wenn es nicht anders festgelegt ist, müssen Normumgebungsbedingungen gelten. Bei installierten Fasern und Kabeln gelten die herrschenden Einsatzbedingungen.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN 60793-1-48:2008-05

Die mechanische Stabilität und die Temperaturstabilität der Prüfeinrichtung können mit folgenden Verfahren geprüft werden: Für Verfahren A wird die Ausgangsleistung der Faser bei einer festen Wellenlänge mit angeschlossenem Ausgangsanalysator gemessen. In einem Zeitintervall, das der Dauer einer üblichen vollständigen Messung entspricht, sollte die Änderung der Ausgangsleistung gegenüber den Änderungen, die durch einen Wellenlängenzuwachs hervorgerufen werden, klein sein. Für Verfahren B wird der Ausgangszustand der Polarisation der Prüffaser an einer Anzeige der Poincaréschen Kugel betrachtet. In einem Zeitintervall, das der Dauer eines benachbarten Paares von Jones-Matrix-Messungen entspricht, sollte die Änderung der Ausgangspolarisation gegenüber der Änderung, die durch einen Wellenlängenzuwachs hervorgerufen wird, klein sein. Verfahren C ist gegenüber leichten Temperaturänderungen oder Faserbewegungen normalerweise widerstandsfähig.

Endflächen für die Eingangs- und Ausgangsenden des Prüfstücks müssen so hergestellt werden, dass sie für die Anforderungen und Verfahren geeignet sind. Es sind Vorkehrungen zur Vermeidung von Reflexionen zu treffen.

6.2 Länge des Prüfstücks

Die Länge des Prüfstücks wird von drei Faktoren vorgeschrieben:

d) kleinster gewünschter PMD-Koeffizient;

e) Art der Modenkopplung;

f) Signal-Rausch-Verhältnis.

Jedes Prüfverfahren und jede Realisierung besitzt einen kleinsten messbaren PMD-Wert (ps). In vielen Fällen kann dieser Kleinstwert theoretisch ermittelt werden. Er kann aber auch experimentell durch Untersuchung der gemessenen Verteilung bestimmt werden. Für Fasern mit zufälliger Modenkopplung wird der kleinste PMD-Koeffizient durch Division des PMD-Wertes durch die Quadratwurzel der Faserlänge (km) ermittelt. Bei vernachlässigbarer Modenkopplung erfolgt die Division durch die Länge. Die gemessene Länge und der kleinste messbare PMD-Wert bestimmen daher den kleinsten messbaren PMD-Koeffizienten. Für die Messung können zum Erreichen dieses Kleinstwertes ausreichend lange Fasern und Kabel ausgewählt werden. Alternativ dazu können die Prüfstücke auf eine passende Länge zugeschnitten werden. Der kleinste messbare PMD-Wert und die Länge der einzelnen Prüfstücke müssen aufgezeichnet werden.

ANMERKUNG Die Länge kann auch durch den Einsatz (siehe 6.3) und den dynamischen Bereich der Messgeräte beschränkt sein.

Die in IEC 60794-3 und IEC 60793-1-50 festgelegten Werte geben den PMD-Koeffizienten in ps/√km an – diese Dokumente setzen voraus, dass die gemessene Länge ausreicht, um eine zufällige Modenkopplung herbeizuführen. Für einen vorgegebenen Fasertyp oder eine gegebene Kabelanordnung kann dies bestätigt werden, indem ein Rückschneideversuch durchgeführt wird, bei dem der PMD-Wert an einem Prüfstück bei mehreren Längen gemessen wird, die durch Rückschneiden des Prüflings zwischen den Messungen erhalten werden. Für Längen, bei denen eine Quadratwurzel-Abhängigkeit des PMD-Wertes von der Länge vorliegt, kann eine zufällige Modenkopplung angenommen werden.

Der Dynamikbereich wird durch das Verfahren, die Quellenleistung und den von der Länge abhängigen Gesamtverlust des Prüflings beschränkt. Dieser Grenzwert muss generell auf der Grundlage der bestimmten Umsetzung durch einen Versuch bestimmt und dokumentiert werden.

6.3 Einsatz

Der Einsatz der Faser oder des Kabels kann das Ergebnis beeinflussen. Für normale Messungen, die bei der Bewertung der Einhaltung der Spezifikation angewendet werden, gelten folgende Anforderungen.

6.3.1 Unverkabelte Faser

Es ist wichtig, bei der Messung von unverkabelten Fasern die durch den Einsatz bedingte Modenkopplung möglichst klein zu halten, um die primären Anforderungen an PMD_Q der verkabelten Faser zu erfüllen. In diesem Fall muss die Faser auf eine Art (im Allgemeinen auf einer Trommel mit Mindestwicklungsradius von 150 mm) unterstützt werden, darf keine nennenswerte Faserspannung (üblicherweise weniger als 5 g) und

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN 60793-1-48:2008-05