سیستم مدیریت ایزو
www.isomanagement.ir

تماس تلفنی جهت دریافت مشاوره:

۱. مشاور دفتر تهران (آقای محسن ممیز)

۰۹۱۲ ۹۶۳ ۹۳۳۶

۲. مشاور دفتر اصفهان (سرکار خانم لیلا ممیز)

۰۹۱۳ ۳۲۲ ۸۲۵۹

مجموعه **سیستم مدیریت ایزو** با هدف بهبود مستمرعملکرد خود و افزایش رضایت مشتریان سعی بر آن داشته، کلیه استانداردهای ملی و بین المللی را در فضای مجازی نشر داده و اطلاع رسانی کند، که تمام مردم ایران از حقوق اولیه شهروندی خود آگاهی لازم را کسب نمایند و از طرف دیگر کلیه مراکز و کارخانه جات بتوانند به راحتی به استانداردهای مورد نیاز دسترسی داشته باشند.

این موسسه اعلام می دارد در کلیه گرایشهای سیستم های بین المللی ISO پیشگام بوده و کلیه مشاوره های ایزو به صورت رایگان و صدور گواهینامه ها تحت اعتبارات بین المللی سازمان جهانی IAF و تامین صلاحیت ایران می باشد.

هم اکنون سیستم خود را با معیارهای جهانی سازگارکنید...

ISO 9001 14001 18001

CE

GMP GAP 22716

IMS HSE-MS

45001

22000 HACCP

INSO
10664
1st Revision
2019

Identical with
ITU-T G.652:
2016

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۰۶۶۴
تجدیدنظر اول
۱۳۹۷

دارای محتوای رنگی

مشخصه‌های کابل و تار نوری تک‌حالت

Characteristics of a single-mode optical fibre and cable

ICS: 33.180.10

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱(۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴(۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: http://www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website: http://www.isiri.gov.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفهٔ تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«مشخصه‌های کابل و تار نوری تک‌حالت»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
زارعی، احمد (کارشناسی مهندسی برق- الکترونیک)	رئیس اداره کل- شرکت مخابرات منطقه بوشهر
دبیر:	
خدری، صادق (کارشناسی ارشد مهندسی برق مخابرات - سیستم)	کارشناس- شرکت معیارآزمای لیان
اعضا:(اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
آریان‌پور، حمزه (کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت)	مدیرعامل- شرکت پاساک نیرو آلامتو
برزویی، مرتضی (کارشناسی مهندسی برق- قدرت)	مدیرعامل- شرکت تکوین تجهیز مهتاب
حسینیان، هلیاسادات (کارشناسی ارشد مهندسی برق- سیستم‌های انرژی)	کارشناس فنی- شرکت صنایع گلدیران
دامغانی، حمیدرضا (کارشناسی ارشد مهندسی برق مخابرات- سیستم)	مدیر فنی و تحقیقات- شرکت صنایع گلدیران
دهباشی، لیلا (کارشناسی مهندسی برق- الکترونیک)	مدیر فنی- شرکت ارتباطات نوین گستر سیراف
ربیعی، علیرضا (کارشناسی ارشد- تخصصی شبکه‌های مخابراتی)	کارشناس آموزش فنی مهندسی و فناوری‌های نوین- شرکت ارتباطات زیرساخت
سلماسی، تورج (کارشناسی فیزیک کاربردی)	مدیر کنترل کیفیت- شرکت صنایع راما پارسیان
شعاع آذر، نگار (کارشناسی ارشد مهندسی برق - الکترونیک)	مدیر کنترل کیفیت- مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
طاهرطلوع دل، سوگل (کارشناسی ارشد مهندسی برق - الکترونیک)	کارشناس- مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک
محمودپور، نصراله (دکتری مهندسی برق- قدرت)	مدیر بازرسی- شرکت آزمون پردازه لیان
محمودی، حسین (کارشناسی مهندسی برق- الکترونیک)	کارشناس- اداره کل استاندارد استان بوشهر
ملاح زاده، نرجس (کارشناسی مهندسی برق- الکترونیک)	کارشناس- شرکت مخابرات منطقه بوشهر
ملکی، حمیده (کارشناسی ارشد مهندسی برق - الکترونیک)	کارشناس- مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک
ویراستار:	
رثایی، حامد (کارشناسی ارشد مهندسی برق- قدرت)	کارشناس دفتر تدوین استانداردهای ملی- سازمان ملی اســتاندارد ایران

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار ح
۱ هدف و دامنهٔ کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۲
۳ اصطلاحات و تعاریف ۲
۴ کوته‌نوشت‌ها و سرنام‌ها ۲
۵ قراردادها ۳
۶ شاخصه‌های تار ۳
۶-۱ قطر میدان حالت ۳
۶-۲ قطر غلاف ۴
۶-۳ خطای هم‌مرکزی مغزی ۴
۶-۴ دایره‌ای نبودن ۴
۶-۵ طول‌موج قطع ۴
۶-۶ اتلاف بزرگ‌خمش ۵
۶-۷ ویژگی‌های ماده تار ۵
۶-۸ نمایه ضریب شکست ۶
۶-۹ یکنواختی طولی پاشندگی رنگی ۶
۶-۱۰ پاشندگی رنگی ۶
۷ شاخصه‌های کابل ۷
۷-۱ ضریب تضعیف ۸
۷-۲ ضریب پاشندگی حالت قطبش ۸
۸ جدول‌های مقادیر توصیه‌شده ۹
پیوست الف (آگاهی‌دهنده) اطلاعاتی درباره شاخصه‌های پیوند تار کابل‌شده مورداستفاده در طراحی سامانه ۱۳
الف-۱ تضعیف ۱۳
الف-۲ پاشندگی رنگی ۱۴
الف-۳ تأخیر گروه تفاضلی ۱۴
الف-۴ جدول‌های مقدارهای نوعی مشترک ۱۵
الف-۵ ضریب غیرخطی ۱۶
الف-۶ مثالی برای روش آماری ۱۷

عنوان **صفحه**

پیوست ب (آگاهی‌دهنده) اطلاعات بیشینه/کمینه پاشندگی رنگی تار رده D برای ویژگی‌های خط مرزی ۱۹

کتاب‌نامه ۲۱

پیش‌گفتار

استاندارد «مشخصه‌های کابل و تار نوری تک‌حالت» که نخستین‌بار در سال ۱۳۸۷ تدوین و منتشر شد، بر اساس پیشنهادهای دریافتی و بررسی و تأیید کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شماره ۵ برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در سیصد و ششمین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد فناوری ارتباطات مورخ ۱۳۹۷/۱۲/۵ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۶۶۴: سال ۱۳۸۷ می‌شود.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

ITU-T Recommendation G.652: 2016, Transmission systems and media, digital systems and networks-Transmission media and optical systems characteristics- Optical fibre cables

مشخصه‌های کابل و تار نوری تک‌حالت

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، توصیف کابل و تار نوری تک‌حالت با طول‌موج پاشندگی صفر در حدود ۱ ۳۱۰ nm است که می‌تواند در ناحیه طول‌موج ۱ ۳۱۰ nm و ۱ ۵۵۰ nm استفاده شود. انتقال قیاسی و رقمی می‌تواند با استفاده از این تار انجام شود.

پارامترهای هندسی، نوری، انتقالی و مکانیکی در سه رده از شاخصه‌ها به‌صورت زیر شرح داده می‌شوند:

- شاخصه‌های تار که درطی کابل‌کشی و نصب حفظ می‌شوند؛
- شاخصه‌های کابل که به هنگام تحویل کابل‌ها توصیه می‌شوند؛
- شاخصه‌های پیوند که مشخصه کابل‌های زنجیره‌ای هستند، روش‌های تخمین پارامترهای واسط سامانه را بر اساس اندازه‌گیری‌ها، مدل‌سازی‌ها یا ملاحظات دیگر، شرح می‌دهد. اطلاعات مربوط به شاخصه‌های پیوند و طراحی سامانه در پیوست الف ارائه شده است.

این استاندارد و رده‌های مختلف عملکرد که در جدول بند ۸ آمده است، برای پشتیبانی توصیه‌نامه‌های سامانه مربوط زیر در نظر گرفته شده است:

رده	توصیه‌نامه
مشخصه‌های سامانه‌های نوری	[2]، [3]، [4]، [5]، [6]، [7]، [8]، [9]
سامانه‌های خط رقمی	[10]، [11]
سامانه‌های خط نوری برای شبکه‌های دسترسی و محلی	[12]، [13]، [14]، [15]، [16]، [17]

یادآوری- بسته به طول پیوندها، مناسب‌سازی پاشندگی می‌تواند برای بعضی از کدهای کاربردی نوشته‌شده در توصیه‌نامه‌های [2] [1]، [3] یا توصیه‌نامه [11] لازم باشد.

مفهوم اصطلاحات استفاده‌شده در این استاندارد و راهنماهایی که باید برای راستی‌آزمایی مشخصه‌های مختلف در اندازه‌گیری‌ها از آن‌ها پیروی شود، در توصیه‌نامه‌های ITU-T G.650.1 و ITU-T G.650.2 ارائه شده‌اند. مشخصه‌های این تار شامل تعاریف پارامترهای مربوط، روش‌های آزمون آن‌ها و مقادیر مربوط در دست مطالعه هستند.

۱- اعداد داخل براکت به کتاب‌نامه ارجاع می‌دهد.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین‌ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مرجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 Recommendation ITU-T G.650.1: 2010 , Definitions and test methods for linear, deterministic attributes of single-mode fibre and cable.

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۶۶۳: سال ۱۳۸۷، تعریف‌ها و روش‌های آزمون ویژگی‌های قطعی خطی کابل و فیبر نوری تک‌مد، با استفاده از توصیه‌نامه ITU-T G.650.1: 2004 تدوین شده است.

2-2 Recommendation ITU-T G.650.2: 2015, Definitions and test methods for statistical and non-linear related attributes of single-mode fibre and cable

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۰۶۶۳: سال ۱۳۸۷، تعریف‌ها و روش‌های آزمون ویژگی‌های آماری و غیرخطی کابل و فیبر نوری تک‌مد، با استفاده از توصیه‌نامه ITU-T G.650.2: 2005 تدوین شده است.

۲-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۵۰-۲-۶۹۱۹: سال ۱۳۹۵، تارهای نوری- قسمت ۲-۵۰: ویژگی‌های محصول- ویژگی بخشی برای تارهای تک‌مد طبقه B

۲-۴ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۹۸۱۹: سال ۱۳۸۹، کمیت‌ها و یکاها- قسمت ۱: اصول کلی

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف ارائه‌شده در توصیه‌نامه‌های ITU-T G.650.1 و ITU-T G.650.2 به‌کار می‌روند.

۴ کوته‌نوشت‌ها و سرنام‌ها[1]

در این استاندارد، کوته‌نوشت‌ها و سرنام‌های زیر به‌کار می‌رود.

1- Acronyms

معادل فارسی	معادل انگلیسی	سرنام و کوته‌نوشت
ناحیه مؤثر	Effective Area	A_{eff}
تأخیر گروه تفاضلی	Differential Group Delay	DGD
همتافتگری تقسیم طول‌موج متراکم	Dense Wavelength Division Multiplexing	DWDM
پاشندگی حالت قطبش	Polarization Mode Dispersion	PMD
پارامتر آماری برای PMD پیوند	Statistical parameter for link PMD	PMD_Q
سلسله مراتب رقمی همزمان	Synchronous Digital Hierarchy	SDH
همتافتگری تقسیم طول‌موج	Wavelength Division Multiplexing	WDM

۵ قراردادها

قبل از ارزیابی انطباق، مقادیر باید به تعداد ارقام داده‌شده در جدول‌های مقادیر توصیه‌شده گرد شوند. قاعده متعارف «گردکردن اعداد اعشاری» که در قاعده ب پیوست **ب** استاندارد ملی ایران شماره ۱-۹۸۱۹: سال ۱۳۸۹شرح داده شده، به‌کار می‌رود. فقط اولین رقم (رقم پرارزش) از ارقام معنی‌دار در تعیین گردکردن استفاده می‌شود.

۶ شاخصه‌های تار

فقط آن مشخصه‌هایی از تار نوری در این بند توصیه می‌شوند که کمینه چارچوب طراحی ضروری را برای تولید تار فراهم می‌کنند. گستره‌ها یا حدود مقادیر در جدول‌های بند ۸، ارائه می‌شوند. برای این تارها، ساخت یا نصب کابل می‌تواند بر PMD و طول‌موج قطع تار کابل‌شده تأثیر عمده بگذارد. در سایر موارد، مشخصه‌های توصیه‌شده به طور یکسان برای تک‌تارها، تارهای درون یک کابل پیچیده‌شده حول قرقره و تارهای داخل کابل نصب‌شده، اعمال خواهند شد.

۶-۱ قطر میدان حالت

هر دو مقدار نامی و رواداری حول مقدار نامی باید در طول‌موج ۱ ۳۱۰ nm مشخص شوند. مقدار نامی مشخص‌شده، باید درون گستره ارائه‌شده در بند ۸ باشد. رواداری مشخص‌شده نباید از مقدار تعیین‌شده در بند ۸ بیشتر باشد. انحراف از مقدار نامی، نباید از رواداری مشخص‌شده بیشتر باشد.

۶-۲ قطر غلاف

مقدار نامی توصیه‌شده برای قطر غلاف ۱۲۵ µm است. رواداری نیز برای آن مشخص شده است که نباید از مقدار تعیین‌شده در بند ۸ بیشتر شود. انحراف قطر غلاف از مقدار نامی، نباید از رواداری مشخص‌شده بیشتر باشد.

۶-۳ خطای هم‌مرکزی مغزی

خطای هم‌مرکزی مغزی، نباید از مقدار مشخص‌شده در بند ۸ بیشتر باشد.

۶-۴ دایره‌ای نبودن

۶-۴-۱ دایره‌ای نبودن میدان حالت

در عمل، برای تارهای نوری که به‌طور نامی دارای میدان حالت دایره‌ای هستند، مشخص شده است که دایره‌ای‌نبودن میدان حالت به‌قدری کوچک است که بر انتشار نور و اتصال تارهای نوری تاثیر نمی‌گذارد. بنابراین نیاز به توصیه مقدار خاصی برای دایره‌ای‌نبودن میدان حالت درنظر گرفته نشده است. معمولاً نیازی به اندازه‌گیری دایره‌ای‌نبودن میدان حالت برای پذیرش نیست.

۶-۴-۲ دایره‌ای نبودن غلاف

دایره‌ای نبودن غلاف، نباید از مقدار مشخص‌شده در بند ۸ بیشتر باشد.

۶-۵ طول‌موج قطع

دو نوع طول‌موج قطع مفید را می‌توان تمیز داد:

الف- طول‌موج قطع کابل λ_{cc}؛

ب- طول‌موج قطع تار λ_c.

یادآوری- برای بعضی از کاربردهای مخصوص کابل زیردریا، ممکن است مقادیر دیگر طول‌موج قطع کابل موردنیاز باشند.

ارتباط مقادیر اندازه‌گیری‌شده λ_c و λ_{cc}، بستگی به طراحی تار و کابل خاص و شرایط آزمون دارد. گرچه در حالت کلی رابطه $\lambda_{cc} < \lambda_c$ برقرار است، ولیکن رابطه کمی کلی نمی‌تواند به آسانی بین این پارامترها برقرار باشد. انتقال مطمئن تک‌حالت در کمینه طول کابل بین اتصالات در کمینه طول‌موج کاری مورد مهمی است. این اطمینان از انتقال تک‌حالت، ممکن است با توصیه طول‌موج قطع بیشینه کابل λ_{cc} برای تار تک‌حالت کابل‌شده به مقدار ۱ ۲۶۰ nm یا برای بدترین حالت طول و خمش‌ها با توصیه طول‌موج قطع تار بیشینه λ_c به ۱ ۲۶۰nm حاصل شود.

طول‌موج قطع کابل، λ_{cc}، باید کمتر از بیشینه مشخص‌شده در بند ۸ باشد.

۶-۶ اتلاف بزرگ‌خمش

اتلاف بزرگ‌خمش با طول‌موج، شعاع خمش و تعداد دورها حول استوانه آزمون با شعاع مشخص تغییر می‌کند. اتلاف بزرگ‌خمش در طول‌موج(ها)، شعاع خمش و تعداد دورهای مشخص‌شده نباید از بیشینه‌ی ارائه‌شده دربند ۸، بیشترشود.

یادآوری ۱- برای اطمینان از برآورده‌شدن این الزام، ممکن است آزمون احراز شرایط کافی باشد.

یادآوری ۲- تعداد دورهای توصیه‌شده با تعداد تقریبی دورهای به‌کار گرفته شده در همه حالت‌های مفصل در فواصل تکرارکننده نوعی تطابق دارد. شعاع توصیه‌شده معادل کمینه شعاع خمش است که به‌طور گسترده برای به کارگیری بلندمدت تارها در نصب سامانه‌های عملی برای جلوگیری از خرابی فرسودگی ناشی از شرایط ایستایی، پذیرفته شده‌اند.

یادآوری ۳- اگر به دلایل عملی، تعداد دورهای کم‌تر از تعداد توصیه‌شده برای پیاده‌سازی انتخاب شود، پیشنهاد می‌شود که کمتر از ۴۰ دور نباشد و به تناسب، افزایش اتلاف کمتری لازم است.

یادآوری ۴- توصیه اتلاف بزرگ‌خمش، مربوط به به‌کارگیری تارها در نصب‌های عملی تار تک‌حالت است. تأثیر شعاع خمش مربوط به تابیدن تارهای تک‌حالت کابل‌شده بر عملکرد اتلاف، در ویژگی‌های اتلاف فیبر کابل‌شده گنجانده می‌شود.

یادآوری ۵- درصورت نیاز به آزمون‌های دوره‌ای، برای درستی و آسانی اندازه‌گیری، می‌توان به جای آزمون توصیه‌شده از یک حلقه با قطر کوچکتر با یک یا چند دور استفاده کرد. در این حالت، بهتر است قطر حلقه، تعداد دورها و بیشینه اتلاف خمش مجاز برای آزمون چنددور طوری انتخاب شود که با آزمون توصیه‌شده و اتلاف مجاز ارتباط داشته باشد.

۶-۷ ویژگی‌های ماده تار

۶-۷-۱ مواد تار

توصیه می‌شود، مواد مورداستفاده در ساخت تارها مشخص شوند.

یادآوری- ممکن است در مفصل‌بندی ذوبی[1] تارهای نوری با مواد مختلف به احتیاط و دقت بیشتری نیاز باشد. نتایج حاصله نشان می‌دهد که استحکام و اتلاف مفصل مناسب را می‌توان با مفصل‌بندی تارهای مختلف با سیلیکای بالا به دست آورد.

۶-۷-۲ مواد محافظ

توصیه می‌شود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مواد استفاده‌شده برای پوشش اولیه تار و بهترین راه برای برداشتن آن (در صورت لزوم)، مشخص شود. در حالت تار تک‌پوششی، باید علائم مشابهی ارائه شود.

۶-۷-۳ سطح تنش‌محک

تنش‌محک تعیین‌شده σ_p، نباید کمتر از مقدار کمینه مشخص‌شده در بند ۸ باشد.

یادآوری- تعاریف پارامترهای مکانیکی در بندهای 3.2 و 5.6 توصیه‌نامه ITU-T G.650.1 آمده است.

1- Fusion splicing

۶-۸ نمایه ضریب شکست

به طور کلی لازم نیست نمایه ضریب شکست تار، معین شود.

۶-۹ یکنواختی طول پاشندگی رنگی

در دست مطالعه است.

یادآوری- در یک طول‌موج خاص، مقدار مطلق موضعی ضریب پاشندگی رنگی می‌تواند با مقدار اندازه‌گیری‌شده روی طول بلند، متفاوت باشد. اگر این مقدار به مقدار کمی در یک طول‌موج نزدیک به طول‌موج کاری سامانه همتافتگری تقسیم طول‌موج WDM کاهش یابد، ترکیب چهارموجی[1] می‌تواند موجب انتشار توان در طول‌موج‌های دیگر شود، اما محدود به طول‌موج‌های کاری دیگر نمی‌شود. اندازه توان ترکیب چهارموجی، تابعی است از مقدار مطلق ضریب پاشندگی رنگی، شیب پاشندگی رنگی، طول‌موج‌های کاری، توان نوری و فاصله‌ای که ترکیب چهارموجی در آن اتفاق می‌افتد.

در بهره‌برداری‌های DWDM در ناحیهٔ ۱ ۵۵۰ nm، میزان پاشندگی رنگی تارهای این استاندارد، برای جلوگیری از ترکیب چهارموجی، به اندازه کافی بزرگ است بنابراین یکنواختی پاشندگی رنگی موضوع مهمی نیست.

۶-۱۰ پاشندگی رنگی

تأخیر گروه اندازه‌گیری‌شده یا ضریب پاشندگی رنگی نسبت به طول‌موج، باید با معادله مناسب که در پیوست A توصیه‌نامه ITU-T G.650.1 تعریف شده است، برازش شود (برای راهنمایی در مورد درون‌یابی مقادیر پاشندگی به طول‌موج‌های اندازه‌گیری‌نشده، به زیربند 5.5 توصیه‌نامه ITU-T G.650.1 مراجعه شود). ضریب پاشندگی رنگی، $D(\lambda)$ برای تار زیررده B این استاندارد با قراردادن حدود روی پارامترهای منحنی پاشندگی رنگی که تابعی از طول‌موج در ناحیه ۱ ۳۱۰ nm است، مشخص می‌شود. حد ضریب پاشندگی رنگی، برای هر طول‌موج λ، برحسب کمینه طول‌موج پاشندگی‌صفر (λ_{0min})، بیشینه طول‌موج پاشندگی‌صفر (λ_{0max}) و بیشینه شیب پاشندگی‌صفر (S_{0max})، طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$D(\lambda) \le \frac{\lambda S_{0max}}{4}\left[1-\left(\frac{\lambda_{0min}}{\lambda}\right)^4\right] \qquad (۱-۶)$$

مقادیر λ_{0min}، λ_{0max} و S_{0max}، باید در حدود مشخص‌شده در جدول ۱ (بند ۸) باشد.

پارامترهای پاشندگی رنگی برای تار زیررده D این استاندارد در جدول ۲ (بند ۸) به‌منظور پیوستگی مقادیر پاشندگی رنگی از ۱ ۲۶۰ nm تا ۱ ۶۲۵ nm نشان داده شده است. این مقادیر باعث طراحی دقیق‌تر سامانه می‌شود که طرح جبران‌کننده پاشندگی در آن گنجانده شده است. ضریب پاشندگی در تعیین پارامترهای ضریب پاشندگی رنگی تارهای زیررده D این استاندارد تنها با استفاده از ضرایب سلمییر سه‌جمله‌ای در ناحیه ۱ ۳۱۰ mm، ممکن است هنگام برون‌یابی در ناحیه ۱ ۵۵۰mm به اندازه کافی دقیق نباشد. به‌منظور

1- Four-wave mixing

پیوستگی ضرایب پاشندگی رنگی کمینه/بیشینه تارهای زیررده D این استاندارد، ترکیب مشتق اول برازش سلمییر در تأخیر گروه از ۱ ۲۶۰ nm تا ۱ ۴۶۰ nm و برازش خطی پاشندگی رنگی (یعنی مشتق اول برازش درجه دوم در تأخیر گروه) از ۱ ۴۶۰ nm و ۱ ۶۲۵ nm مناسب است.

ضریب پاشندگی رنگی، $D(\lambda)$ در طول‌موج λ از ۱ ۲۶۰ nm تا ۱ ۴۶۰ nm با نامساوی‌های زیر محدود می‌شود:

$$\frac{\lambda S_{0\max}}{4}\left[1-(\frac{\lambda_{0\max}}{\lambda})^4\right] \le D(\lambda) \le \frac{\lambda S_{0\min}}{4}\left[1-(\frac{\lambda_{0\min}}{\lambda})^4\right] \qquad (\lambda \le \lambda_{0\min}) \qquad \text{(۶-۲- الف)}$$

$$\frac{\lambda S_{0\max}}{4}\left[1-(\frac{\lambda_{0\max}}{\lambda})^4\right] \le D(\lambda) \le \frac{\lambda S_{0\max}}{4}\left[1-(\frac{\lambda_{0\min}}{\lambda})^4\right] \qquad (\lambda_{0\min} \le \lambda \le \lambda_{0\max}) \qquad \text{(۶-۲- ب)}$$

$$\frac{\lambda S_{0\min}}{4}\left[1-(\frac{\lambda_{0\max}}{\lambda})^4\right] \le D(\lambda) \le \frac{\lambda S_{0\max}}{4}\left[1-(\frac{\lambda_{0\min}}{\lambda})^4\right] \qquad (\lambda_{0\max} \le \lambda) \qquad \text{(۶-۲- پ)}$$

کمینه شیب پاشندگی رنگی S_{0min}، با توجه به پیوستگی کمینه/بیشینه ضرایب پاشندگی رنگی اضافه می‌شود.

ضریب پاشندگی رنگی، $D(\lambda)$ در طول‌موج λ از ۱ ۴۶۰ nm تا ۱ ۶۲۵ nm با نامساوی زیر محدود می‌شود:

$$۸٫۶۲۵ + ۰٫۰۵۲\ (\lambda - ۱\ ۴۶۰) \le D(\lambda) \le ۱۲٫۴۷۲ + ۰٫۰۶۸\ (\lambda - ۱\ ۴۶۰) \qquad \text{(۶-۳)}$$

برآورد محصولات زیررده D این استاندارد برای تعیین ویژگی‌های پارامتر پاشندگی رنگی و اثرات منحنی پوش اجرا می‌شود. خلاصه نتایج در پیوست **ب** ارائه شده است.

یادآوری- اندازه‌گیری ضریب پاشندگی رنگی تار تک‌حالت طبق روال عادی، لازم نیست.

۷ شاخصه‌های کابل

از آنجا که فرآیند کابل‌سازی بر مشخصه‌های هندسی و نوری تارها در بند ۶ به‌طور آشکاری تأثیر می‌گذارد، این بند توصیه‌هایی را ارائه می‌دهد که اساساً مربوط به مشخصه‌های انتقال طول‌های کابل‌شده کارخانه‌ای است.

شرایط محیطی و آزمون مهم هستند و در راهنمای روش‌های آزمون شرح داده می‌شوند.

۷-۱ ضریب تضعیف

مقدار بیشینه ضریب تضعیف در یک یا چند طول‌موج در هر دو ناحیه ۱ ۳۱۰ nm و ۱ ۵۵۰ mm مشخص می‌شود. مقادیر ضریب تضعیف کابل تار نوری نباید از مقادیر مشخص‌شده در بند ۸ بیشتر باشد.

یادآوری - ضریب تضعیف ممکن است در طیفی از طول‌موج‌ها بر اساس اندازه‌گیری‌ها در تعداد کمی (۳ تا ۴) طول‌موج پیش‌بینی‌کننده، محاسبه شود. رویه این محاسبه، در زیربند 5.4.4 توصیه‌نامه ITU-T G.650.1 و مثالی نیز در پیوست III توصیه‌نامه ITU-T G.650.1 ارائه شده است.

۷-۲ ضریب پاشندگی حالت قطبش

پاشندگی حالت قطبش تار نوری کابل‌شده باید براساس یک روش آماری و نه بر پایه‌ی تک‌تار نوری مجزا، تعیین شود. الزامات فقط به جنبه‌هایی از پیوند مربوط است که از اطلاعات کابل محاسبه شده است. معیار ویژگی‌های آماری در ادامه این بند ارائه شده است. روش‌های محاسبات در استاندارد [21] ارائه شده است و در پیوست IV توصیه‌نامه ITU-T G.650.2 به‌طورخلاصه آمده است.

تولیدکننده باید مقدار طراحی پیوند PMD، PMD_Q، را ارائه دهد که به عنوان حد بالای آماری برای ضریب PMD کابل‌های تار نوری زنجیره‌ای در یک پیوند متشکل از M قطعه کابل به‌کار می‌رود. حد بالایی بر حسب سطح احتمال کم، Q، تعریف می‌شود که احتمال دارد مقدار ضریب PMD کابل‌های زنجیره‌ای، بیش از PMD_Q باشد. برای مقادیر M و Q داده‌شده در بند ۸، مقدار PMD_Q نباید از بیشینه ضریب PMD مشخص‌شده در بند ۸ بیشتر باشد.

اندازه‌گیری‌ها و ویژگی‌های تارهای کابل‌نشده ضروری هستند، اما برای تضمین ویژگی تار کابل‌شده کافی نیستند. مقدار بیشینه طراحی پیوند مشخص‌شده برای تار کابل‌نشده باید کمتر یا مساوی با مقدار مشخص‌شده برای تار کابل‌شده باشد. نسبت مقادیر PMD برای تار کابل‌نشده به تار کابل‌شده، بستگی به جزئیات ساختار و فرآیند کابل و نیز شرایط تزویج تار کابل‌نشده دارد. توصیه‌نامه ITU-T G.650.2، استفاده از حالت تزویج کم را توصیه می‌کند که به یک کشش کم برای پیچیدن حول یک قرقره با قطر بزرگ برای اندازه‌گیری‌های PMD تار کابل‌نشده، نیاز دارد.

حدود توزیع مقادیر ضریب PMD می‌توانند طوری تفسیر شوند که تقریباً معادل با حدود تغییر آماری تأخیر گروه تفاضلی (DGD) شوند که به‌طور تصادفی با زمان و طول‌موج تغییر می‌کنند. اگر توزیع ضریب PMD برای کابل تار نوری مشخص شود، حدود معادل می‌توانند روی متغیر DGD تعیین شوند. اندازه‌ها و مقادیر حدود توزیع DGD پیوند در پیوست **الف** ارائه شده است.

یادآوری ۱- ویژگی‌های PMD_Q فقط در جایی مورد نیاز است که کابل‌ها برای سامانه‌هایی با ویژگی‌های بیشینه DGD به کار گرفته شوند. برای مثال، ویژگی‌های PMD_Q به سامانه‌های توصیه‌شده در توصیه‌نامه [10] اعمال نمی‌شوند.

یادآوری ۲- PMD_Q بهتر است برای انواع مختلف کابل‌ها و معمولاً با استفاده از مقادیر PMD الگو محاسبه شود. الگوها باید از کابل‌های با ساختار مشابه گرفته شوند.

یادآوری ۳- توصیه می‌شود ویژگی‌های PMD_Q به کابل‌های کوتاه مانند کابل‌های جمپر، کابل‌های داخل بنا و کابل‌های تکه، اعمال نشود.

یادآوری ۴- کابل و تار نوری با ضریب PMD بالاتر می‌تواند برای سامانه‌های دارای الزامات کمتر سختگیرانه PMD استفاده شود (مانند سامانه‌های دارای طول پیوند کم یا سامانه‌های دارای رواداری PMD بالا).

۸ جدول‌های مقادیر توصیه‌شده

مقادیر توصیه‌شده برای تعدادی از رده‌های تار که تأمین‌کننده اهداف این استاندارد هستند، به‌طور خلاصه ارائه شده است. این رده‌ها تا حد زیادی بر پایه الزامات تضعیف در ۱ ۳۸۳ nm، مشخص می‌شوند. برای اطلاعاتی در خصوص رابطه بین بیشینه مقدار PMD_Q و پشتیبانی نرخ بیت به پیوست الف مراجعه شود.

جدول ۱، شاخصه‌های رده B این استاندارد شامل شاخصه‌های توصیه‌شده و مقادیر لازم برای پشتیبانی کاربردهای نرخ بیت بالاتر تا STM-۶۴، مانند توصیه‌نامه [2] و توصیه‌نامه [3]، STM-۲۵۶ برای کاربردهای توصیه‌نامه [4] و توصیه‌نامه [11]. بسته به کاربردها، ممکن است مناسب‌سازی پاشندگی رنگی لازم باشد.

جدول ۲، شاخصه‌های رده D این استاندارد، شبیه به رده B این استاندارد است ولی امکان انتقال در قسمت‌هایی از گستره طول‌موج بسط‌یافته از ۱ ۲۶۰ nm و ۱ ۶۲۵ mm را ایجاد می‌کند.

جدول مرجع کلاس بین رده تار IEC و انواع تار ITU-T G.65x در جدول V.1 پیوست V توصیه‌نامه [19] داده شده است.

جدول ۱- شاخصه‌های تار رده B این استاندارد

شاخصه‌های تار			
شاخصه	**جزئیات**	**مقدار**	**واحد**
قطر میدان حالت	طول‌موج	۱ ۳۱۰	nm
	گستره مقادیر نامی	۸٫۶ - ۹٫۵	µm
	رواداری	±۰٫۶	µm
قطر غلاف	نامی	۱۲۵٫۰	µm
	رواداری	±۱	µm
خطای هم‌مرکزی مغزی	بیشینه	۰٫۶	µm
دایره‌ای‌نبودن غلاف	بیشینه	۱٫۰	٪
طول‌موج قطع کابل	بیشینه	۱ ۲۶۰	nm
اتلاف بزرگ‌خمش	شعاع	۳۰	mm
	تعداد دورها	۱۰۰	
	بیشینه در ۱ ۶۲۵ nm	۰٫۱	dB
تنش‌محک	کمینه	۰٫۶۹	GPa
پارامتر پاشندگی رنگی	λ_{0min}	۱ ۳۰۰	nm
	λ_{0max}	۱ ۳۲۴	nm
	S_{0max}	۰٫۰۹۲	$ps/(nm^2 \times km)$
شاخصه‌های کابل			
شاخصه	**جزئیات**	**مقدار**	**واحد**
ضریب تضعیف (یادآوری ۱)	بیشینه در ۱ ۳۱۰ nm	۰٫۴	dB/km
	بیشینه در ۱ ۵۵۰ nm	۰٫۳۵	dB/km
	بیشینه در ۱ ۶۲۵ nm	۰٫۴	dB/km
ضریب PMD (یادآوری ۲ و ۳)	M	۲۰	کابل
	Q	۰٫۰۱	٪
	بیشینه PMD_Q	۰٫۲۰	$ps/\sqrt{km}$

یادآوری۱- مقادیر ضریب تضعیف فهرست‌شده در این جدول بهتر است برای کابل‌های کوتاه مانند کابل‌های جمپر[1]، کابل‌های درون‌بنا[2] و کابل‌های تکه[3] استفاده نشود. برای مثال، استاندارد [۲۰]، ضریب تضعیف در کابل‌های درون‌بنا به‌طول ۰٫۱ dB/km یا کمتر در ناحیه ۱ ۳۱۰ nm و ۱ ۵۵۰ nm را تعیین می‌کند. ضریب تضعیف در طول‌موج بیشتر از ۱ ۶۲۵ nm (برای پایش) مشخص نیست. به‌طور کلی، تضعیف با افزایش طول‌موج، افزایش می‌یابد و ممکن است طول‌موج زیادی بسته به اتلاف بزرگ‌خمش و ریزخمش نشان دهد.

یادآوری۲- با توجه به زیربند ۷-۲، مقدار بیشینه PMD_Q در تار کابل‌نشده برای پشتیبانی الزامات اولیه در PMD_Q کابل مشخص می‌شود.

یادآوری۳- کابل‌های تار نوری با ضریب PMD بالاتر می‌تواند برای سامانه‌های با الزامات سختگیرانه PMD کمتر استفاده شود.

1- Jumper cable
2- Indoor cable
3- Drop cable

جدول ۲- شاخصه‌های تار رده D این استاندارد

شاخصه‌های تار			
شاخصه	**جزئیات**	**مقدار**	**واحد**
قطر میدان حالت	طول‌موج	۱ ۳۱۰	nm
	گستره مقادیر نامی	۸٫۶ – ۹٫۲	µm
	رواداری	±۰٫۴	µm
قطر غلاف	نامی	۱۲۵٫۰	µm
	رواداری	±۰٫۷	µm
خطای هم‌مرکزی مغزی	بیشینه	۰٫۶	µm
دایره‌ای‌نبودن غلاف	بیشینه	۱٫۰	٪
طول‌موج قطع کابل	بیشینه	۱ ۲۶۰	nm
اتلاف بزرگ‌خمش	شعاع	۳۰	mm
	تعداد دورها	۱۰۰	
	بیشینه در ۱ ۶۲۵ nm	۰٫۱	dB
تنش‌محک	کمینه	۰٫۶۹	GPa
پارامتر پاشندگی رنگی برازش سلمییر سه‌جمله‌ای (۱ ۲۶۰ nm تا ۱ ۴۶۰ nm)	λ_{0min}	۱ ۳۰۰	nm
	λ_{0max}	۱ ۳۲۴	nm
	S_{0min}	۰٫۰۷۳	ps/(nm^2 × km)
	S_{0max}	۰٫۰۹۲	ps/(nm^2 × km)
برازش خطی (۱۴۶۰ nm تا ۱ ۶۲۵ nm)	کمینه در ۱ ۵۵۰ nm	۱۳٫۳	ps/(nm × km)
	بیشینه در ۱ ۵۵۰ nm	۱۸٫۶	ps/(nm × km)
	کمینه در ۱ ۶۲۵ nm	۱۷٫۲	ps/(nm × km)
	بیشینه در ۱ ۶۲۵ nm	۲۳٫۷	ps/(nm × km)

شاخصه‌های کابل			
شاخصه	**جزئیات**	**مقدار**	**واحد**
ضریب تضعیف (یادآوری ۱)	بیشینه از ۱ ۳۱۰ nm تا ۱ ۶۲۵ nm (یادآوری ۲)	۰٫۴۰	dB/km
	بیشینه در ۱ ۳۸۳ nm ± ۳ nm بعد از فرسودگی متأثر از هیدروژن (یادآوری ۳)	۰٫۴۰	dB/km
	بیشینه در ۱ ۵۳۰-۱ ۵۶۵ nm	۰٫۳۰	dB/km
ضریب PMD (یادآوری ۴ و ۵)	M	۲۰	کابل
	Q	۰٫۰۱	٪
	بیشینه PMD_Q	۰٫۲۰	$ps/\sqrt{km}$

ادامه جدول ۲- شاخصه‌های تار رده D این استاندارد

یادآوری۱- مقادیر ضریب تضعیف فهرست‌شده در این جدول بهتر است برای کابل‌های کوتاه مانند کابل‌های جمپر، کابل‌های درون‌بنا و کابل‌های تکه استفاده نشود. برای مثال استاندارد [۲۰]، ضریب تضعیف در کابل‌های درون‌بنا به طول ۰٫۱ dB/km یا کمتر در ناحیه ۱ ۳۱۰ nm و ۱ ۵۵۰ nm را تعیین می‌کند. ضریب تضعیف در طول‌موج بیشتر از ۱ ۶۲۵ nm (برای پایش) مشخص نیست. به‌طور کلی، تضعیف با افزایش طول‌موج، افزایش می‌یابد و ممکن است طول‌موج زیادی بسته به اتلاف بزرگ‌خمش و ریزخمش نشان دهد.

یادآوری۲- این ناحیه طول‌موج می‌تواند با اضافه‌کردن ۰٫۰۷ dB/km اتلاف پراکندگی رایلی القاشده به مقدار تضعیف در ۱ ۳۱۰ nm به ۱ ۲۶۰ nm گسترش یابد.

یادآوری۳- فرسودگی متأثر از هیدروژن، یک آزمون نوعی است که باید روی یک مجموعه تار نمونه‌برداری‌شده مطابق با تار زیررده B1.3 استاندارد ۶۹۱۹-۲-۵۰ انجام شود.

یادآوری۴- با توجه به زیربند ۷-۲، مقدار بیشینه PMD_Q در تار کابل‌نشده برای پشتیبانی الزامات اولیه در PMD_Q کابل مشخص می‌شود.

یادآوری ۵- کابل‌های تار نوری با ضریب PMD بالاتر می‌تواند برای سامانه‌های با الزامات سختگیرانه PMD کمتر استفاده شود.

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

اطلاعاتی درباره شاخصه‌های پیوند تار کابل‌شده مورداستفاده در طراحی سامانه

به‌منظور تخمین محدودیت انتقال به‌دلیل خواص تار شامل پراکندگی رنگی، PMD، تضعیف و غیرخطی‌بودن، طرح‌های سامانه «بدترین حالت» و «آماری» می‌توانند همان‌طور که به‌ترتیب در بند 9 و 10 توصیه‌نامه [18] آورده شده است، درنظر گرفته شوند. طراحی بدترین حالت، یک روش تخمینی با استفاده از مقادیر کمینه و بیشینه است و برای سامانه انتقال شامل اجزا و طول‌های کارخانه‌ای به‌هم متصل از کابل‌های تار نوری استفاده می‌شود. از طرف دیگر، پارامترهای انتقال برای پیوندهای زنجیره‌ای که دارای تعداد زیادی طول‌های کارخانه‌ای زنجیره‌ای کابل تار نوری هستند، نه تنها عملکرد شاخصه‌های معین طول‌های کابل تکی بلکه پارامترهای آماری زنجیره نیز باید در نظر گرفته شود. الزامات طول‌های کارخانه‌ای در بند ۶ و بند ۷ داده شده است.

برای حصول اقتصادی‌ترین طرح‌ها، مشخصه‌های انتقال کابل‌های تار نوری با طول کارخانه‌ای، توزیع احتمال معینی خواهند داشت که می‌توان در نظر گرفت. توصیه می‌شود این پیوست با درنظر گرفتن ماهیت آماری پارامترهای مختلف مطالعه شود.

شاخصه‌های پیوند مانند تضعیف انتها به انتها، پراکندگی رنگی، PMD یا غیرخطی‌بودن به وسیله عامل‌هایی غیر از کابل‌های تار نوری، مانند مفصل‌ها، قطعات غیرفعال و نصب تحت تأثیر قرار می‌گیرند. این عوامل در این استاندارد مشخص نشده است.

به‌منظور تخمین آماری مقادیر شاخصه پیوند برای تضعیف، مقادیر نوعی پراکندگی رنگی پیوندهای تار نوری در جدول الف-۱ در بند الف-۴ ارائه می‌شوند. روش‌های تخمین پارامترهای پیوند موردنیاز برای طراحی سامانه بر اساس اندازه‌گیری‌ها، مدل‌سازی یا ملاحظات دیگر هستند.

الف-۱ تضعیف

تضعیف میانگین، A، یک پیوند به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$A = \alpha L + \alpha_S x + \alpha_c y \qquad \text{(الف-۱)}$$

که در آن:

α ضریب تضعیف میانگین کابل‌های تار در یک پیوند؛

α_S اتلاف مفصل میانگین؛

x تعداد مفصل‌ها در یک پیوند؛

α_c اتلاف میانگین اتصال‌دهنده‌های خط؛

y تعداد اتصال‌دهنده‌های خط در یک پیوند (اگر وجود داشته باشد)؛

L طول پیوند است.

بهتر است یک محدوده مناسب برای اصلاحات پیکربندی‌های کابل در آینده (مفصل‌های اضافی، طول‌های کابل بیشتر، اثرات فرسودگی، تغییرات دما و غیره)، اختصاص داده شود. رابطه بالا، اتلاف اتصال‌دهنده‌های تجهیز را در بر نمی‌گیرد. مقادیر نوعی موجود در بند الف-۴ برای ضریب تضعیف پیوندهای تار نوری هستند. بهتر است بودجه‌بندی تضعیف در طراحی یک سامانه واقعی برای تغییرات آماری در این پارامترها، درنظر گرفته شود.

الف-۲ پاشندگی رنگی

پاشندگی رنگی بر حسب ps/nm می‌تواند از ضرایب پاشندگی رنگی طول‌های کارخانه‌ای، با فرض وابستگی خطی به طول و با رعایت علائم ضرایب محاسبه شود (به زیربند ۶-۱۰ مراجعه شود).

اگر این تارها برای انتقال در ناحیه ۱ ۵۵۰ nm استفاده شوند، اغلب بعضی از روش‌های جبران پاشندگی رنگی به‌کار گرفته می‌شوند. در این حالت، پاشندگی رنگی متوسط پیوند برای طراحی استفاده می‌شود. پاشندگی اندازه‌گیری‌شده در پنجره ۱ ۵۵۰ nm می‌تواند با یک رابطه خطی با طول‌موج در این محدوده مشخص شود. این رابطه بر حسب ضریب پاشندگی رنگی نوعی و ضریب شیب پاشندگی در ۱ ۵۵۰ nm تعریف می‌شود.

مقادیر نوعی برای ضریب پاشندگی رنگی، D_{1550} و ضریب شیب پاشندگی رنگی ، S_{1550} در ۱ ۵۵۰ nm در جدول الف-۱ آمده است. این مقادیر به همراه طول پیوند L_{Link} می‌تواند برای محاسبه پاشندگی رنگی نوعی در طراحی پیوند نوری، مورداستفاده قرار گیرد.

$$D_{Link}(\lambda) = L_{Link}\left[D_{1550} + S_{1550}(\lambda - 1550)\right]_{[ps/nm]} \quad \text{(الف-۲)}$$

یادآوری- ویژگی الزامی پاشندگی رنگی برای تارهای رده D این استاندارد تجدیدنظر شده است، پس این معادله برای این نوع تار به‌کار نمی‌رود.

الف-۳ تأخیر گروه تفاضلی (DGD)

تأخیر گروه تفاضلی، اختلاف در زمان‌های رسیدن دو حالت قطبش در زمان و طول‌موج مشخص است. PMD اساساً آماری است و DGD مبتنی بر وضعیت تصادفی مرتبط با موقعیت طولی کابل نوری، دچار نوسان می‌شود. بنابراین وقتی قرار است که یک پیوند با قسمت‌های زنجیره‌ای کابل‌های تار مربوط شکل بگیرد،

روش آماری در طراحی این پیوند، برای تعیین اثر PMD، یک اصل است. برای یک پیوند با ضریب PMD مشخص، DGD پیوند به‌طور تصادفی با زمان و طول‌موجی مشابه توزیع ماکسول تک‌پارامتری تغییر می‌کند که توزیع ماکسول تک‌پارامتری، حاصل‌ضرب ضریب PMD پیوند و ریشه دوم طول پیوند است. نقص سامانه به علت PMD در یک زمان و طول‌موج مشخص، بستگی به DGD در همان زمان و طول‌موج دارد. بنابراین، وسیله ایجاد محدودیت‌های مفید در توزیع DGD که به توزیع ضریب PMD کابل تار نوری و حدود آن مرتبط است، بسط داده می‌شود و در استاندارد [21] مستند می‌شود و در پیوست IV توصیه‌نامه TU-T G.650-2 به‌طور خلاصه بیان می‌شود. اندازه‌های محدودیت‌های توزیع PMD به شرح زیر هستند:

یادآوری – تعیین میزان مشارکت اجزایی غیر از کابل تار نوری خارج از دامنه کاربرد این استاندارد است ولیکن در استاندارد [21] بحث می‌شود.

طول پیوند مرجع، L_{Ref}: بیشینه طول پیوند است که به آن بیشینه DGD و احتمال، اعمال خواهد شد. برای طول‌های پیوند بلندتر، بیشینه DGD در ریشه دوم نسبت طول واقعی به طول مرجع، ضرب می‌شود.

بیشینه طول کابل نوعی، L_{cab}: بیشینه وقتی معتبر است که کابل‌های منفرد نوعی از زنجیره یا طول‌های کابل‌هایی که در تعیین توزیع ضریب PMD اندازه‌گیری می‌شوند، از این مقدار کمتر باشند.

بیشینه DGD، DGD_{max}: مقدار DGD است که می‌تواند در هنگام طراحی سامانه نوری مورداستفاده قرار گیرد.

بیشینه احتمال، P_F: احتمال اینکه یک مقدار DGD واقعی از $DGD_{\max}$ بیشتر شود.

الف-۴ جدول‌های مقدارهای نوعی مشترک

مقادیر داده‌شده در جدول‌های الف-۱ و الف-۲، به‌ترتیب، نشان‌دهنده پیوندهای تار نوری زنجیره‌ای طبق بندهای الف-۱ تا الف-۳، هستند. مقادیر بیشینه DGD القایی تار اشاره‌شده در جدول الف-۲ برای راهنمایی در خصوص الزامات برای عناصر نوری دیگر که ممکن است در پیوند باشند، درنظر گرفته می‌شوند. مقادیر نشان‌داده‌شده در این بند برای تمام تارهای سازگار با این استاندارد شامل تارهای رده A توصیه‌نامه ITU-T G.657 به‌کار می‌رود.

یادآوری - طول قطعه کابل ۱۰ km کیلومتر است به جز در مواردی که طول پیوند بیش از ۴ ۰۰۰ km و PMD برابر ۰٫۱۰ $ps/\sqrt{km}$ باشد، که در این حالت، طول قطعه کابل ۲۵ km و سطح احتمال خطا برابر $۶٫۵ \times ۱۰^{-۸}$ است.

جدول الف-۱- مقادیر پیوند تار نوری زنجیره‌ای

ضریب تضعیف	ناحیه طول‌موج	مقدار پیوند نوعی
(یادآوری)	۱ ۲۶۰ nm تا ۱ ۳۶۰ nm	۰٫۵ dB/km
	۱ ۵۳۰ nm تا ۱ ۵۶۵ nm	۰٫۲۷۵ dB/km
	۱ ۵۶۵ nm تا ۱ ۶۲۵ nm	۰٫۳۵ dB/km
پارامتر پاشندگی رنگی	D_{1550}	۱۷ ps/(nm × km)
	S_{1550}	۰٫۰۵۶ ps/(nm^2 × km)
یادآوری- مقدار پیوند نوعی با ضریب تضعیف پیوند استفاده‌شده در توصیه‌نامه‌های [10] و [2] مطابقت دارد.		

جدول الف-۲- تأخیر گروه تفاضلی

بیشینه PMD_Q $\left[ps\sqrt{km}\right]$	طول پیوند (km)	بیشینه DGD القایی ضمنی تار (ps)	نرخ‌های بیت کانال
بدون مشخصه			تا ۲٫۵ Gbit/s
۰٫۵	۴۰۰	۲۵٫۰	۱۰ Gbit/s
	۴۰	۱۹٫۰(یادآوری)	۱۰ Gbit/s
	۲	۷٫۵	۴۰ Gbit/s
۰٫۲۰	۳ ۰۰۰	۱۹٫۰	۱۰ Gbit/s
	۸۰	۷٫۰	۴۰ Gbit/s
۰٫۱۰	< ۴ ۰۰۰	۱۲٫۰	۱۰ Gbit/s
	۴۰۰	۵٫۰	۴۰ Gbit/s
یادآوری- این مقدار برای سامانه‌های اترنت ۱۰ Gbit نیز اعمال می‌شود.			

الف-۵ ضریب غیرخطی

اثر پراکندگی رنگی با ضریب غیرخطی، n_2/A_{eff}، با توجه به خرابی‌های سامانه ناشی از اثرات نوری غیرخطی برهم اثرگذارند (به توصیه‌نامه‌های [1] و ITU-T G.650.2 مراجعه شود). مقادیر نوعی با پیاده‌سازی تغییر می‌کند. روش‌های آزمون ضریب غیرخطی در دست مطالعه است.

الف-۶ مثالی برای روش آماری

زمانی‌که تصادفی‌بودن در طراحی در نظر گرفته شود، رویکرد ریاضی برای طراحی آماری پیوند می‌تواند استفاده شود (به‌عنوان مثال، هنگامی که تعداد نسبتاً زیادی کابل از انتخاب اتفاقی، برای تشکیل یک پیوند به‌هم وصل می‌شوند)، اگرچه تطبیق‌پذیری آن در دست مطالعه است. به عنوان مثال، در یک پیوند زنجیره‌ای متشکل از تار کابل‌شده که از تعداد محدودی تار مجزا تشکیل شده است، عامل اتفاق محدودیت داشته و روش طراحی در بدترین حالت برای تعیین محدوده قابل‌قبول سامانه، مناسب‌تر است.

روش کلی برای طراحی سامانه آماری در توصیه‌نامه [18] شرح داده شده است و در ادامه، یک رابطه برای حد بالای آماری برای یکی از پارامترهای تار/کابل ارائه می‌شود. محاسبه با ایجاد یک توزیع آماری آغاز می‌شود. x_i و L_i به ترتیب، پارامتر تار به ازای طول واحد و طول کابل می‌باشند که تار در کابل iام در پیوند زنجیره‌ای از N کابل است. یک پارامتر تار کلی در پیوند کل x_N در نسبت طول، x_N، به‌صورت زیر است:

$$x_N = \frac{\sum_{i=1}^{N} L_i x_i}{\sum_{i=1}^{N} L_i} = \frac{1}{L_{Link}} \sum_{i=1}^{N} L_i x_i \qquad \text{(الف-۳)}$$

اگر فرض شود تمام طول بخش کابل کمتر از مقدار مشترک، L_{Cab} است و همزمان، کاهش تعداد بخش‌های کابلی موردنظر $M = L_{Link} / L_{Cab}$ باشد، پس برای یک پیوند شکل‌یافته از کابل‌های با طول مساوی، $L_i = L_{Cab}$، معادله بالا به‌صورت زیر می‌شود:

$$x_N \le x_M = \frac{L_{Cab}}{L_{Link}} \sum_{i=1}^{M} x_i = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^{M} x_i \qquad \text{(الف-۴)}$$

تغییرات در پارامتر پیوند زنجیره‌ای، x_M، به دلیل متوسط‌گیری از تارهای زنجیره‌ای، کمتر از تغییرات در بخش‌های کابل جداگانه، x_i، خواهد بود.

هنگامی که توزیع پارامتر تار ایجاد شده است، روش مونت کارلو می‌تواند برای تعیین چگالی احتمالی، f_{link}، از پارامتر تار پیوند زنجیره‌ای بدون ایجاد هرگونه پیش‌فرض در مورد شکل آن استفاده شود. این روش، فرآیند ساخت پیوندها را با نمونه‌گیری از تعداد پارامتر اندازه‌گیری تار، مکرراً شبیه‌سازی می‌کند.

پارامتر تار بر روی تعداد زیادی از بخش‌ها اندازه‌گیری می‌شود به‌گونه‌ای که به‌عنوان مشخصه اساسی توزیع معرفی می‌شود. سپس داده‌ها برای محاسبه پارامتر تار برای یک مسیر در پیوند رنجیره‌ای استفاده می‌شوند.

محاسبه با انتخاب تصادفی مقادیر M از پارامترهای تار اندازه‌گیری‌شده و افزودن به معادله الف-۴ انجام می‌شود. تضعیف زنجیره‌ای محاسبه‌شده در یک جدول یا بافت‌نگار مقادیر به‌دست آمده از سایر نمونه‌های تصادفی قرار می‌گیرد. این فرآیند تا زمانی تکرار می‌شود که تعداد کافی از مقادیر تضعیف زنجیره‌ای برای تولید یک بافت‌نگار با تراکم بالا از توزیع زنجیره‌ای پارامتر تار محاسبه شوند. درصورتی که بافت‌نگار به‌طور مستقیم بدون تعیین مشخصه اضافی نظیر برازش گوسی مورداستفاده قرار گیرد، بهتر است تعداد نمونه‌ها، دست‌کم $۱۰^{۴}$ باشد .

به‌دلیل اصل حد مرکزی، بافت‌نگار مقادیر آماری پارامتر تار در پیوند کابل‌شده زنجیره‌ای، تمایل به همگرایی با توزیع‌هایی دارد که می‌تواند به‌طور کمینه با دو پارامتر توصیف شود. از این رو، بافت‌نگار می‌تواند متناسب با یک توزیع پارامتری باشد که امکان برون‌یابی سطوح احتمالی که کمتر از آنچه که توسط تعداد نمونه بیان می‌شود را دارد. این دو پارامتر به‌طور پیوسته دو جنبه توزیع را نشان می‌دهند: مقدار مرکزی و تغییرپذیری مقدار مرکزی.

برای به‌دست آوردن سطوح احتمالی $Q = ۱۰^{-۳}$ با استفاده از روش عددی خالص، شبیه‌سازی مونت کارلو با دست‌کم $۱۰^{۴}$ نمونه موردنیاز است. پس از به‌دست آوردن سطوح احتمالی، تضعیف و/یا توزیع پراکندگی رنگی می‌توانند از توابع چگالی احتمالی تجمعی مربوط درون‌یابی شوند.

لازم به ذکر است که کاربرد روش مثال بالا برای مطالعه بیشتر است.

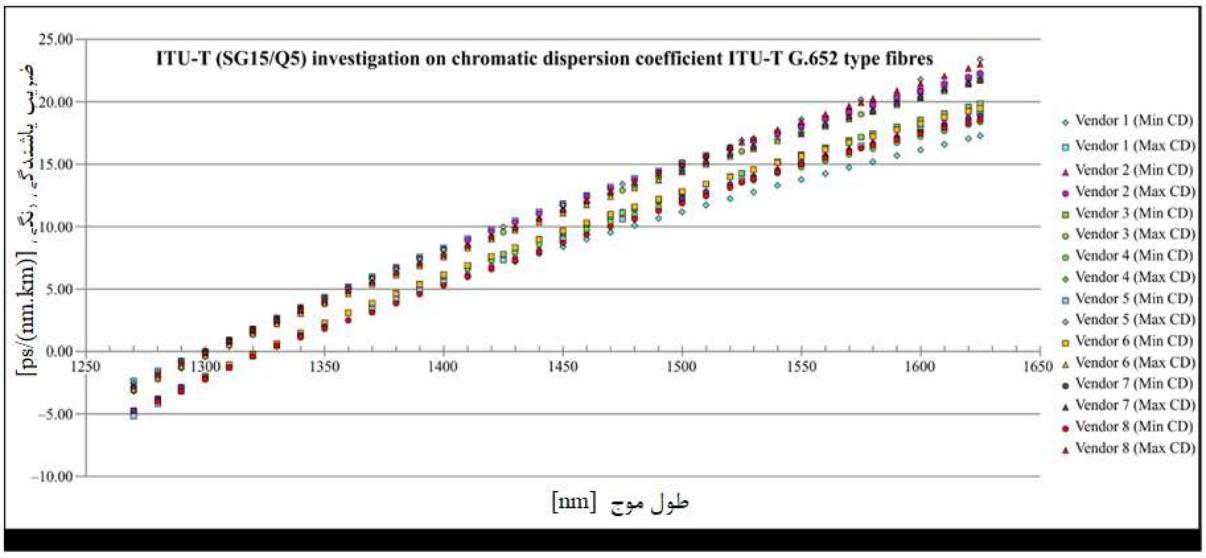
پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

اطلاعات بیشینه/کمینه پاشندگی رنگی تار رده D برای ویژگی‌های خط مرزی

در ماه نوامبر ۲۰۱۴، ITU-T SG15/Q5 تصمیم گرفت که ویژگی‌های پراکندگی رنگی موجود در تارهای رده D این استاندارد را ارتقاء دهد و این ویژگی جدید را از لحاظ بیشینه/کمینه خطوط مرزی در ناحیه طول‌موج ۱ ۲۷۰ nm تا ۱ ۶۲۵ nm بیان کند. به این منظور، تحقیق در مورد پراکندگی رنگی با همکاری هشت فروشنده عمده تار از اعضای ITU-T SG15/Q5 صورت گرفت. این بررسی روی تمام انواع تارهای رده D این استاندارد صورت گرفت که شامل تارهای رده A توصیه‌نامه ITU-T G.657 و تارهای رده D این استاندارد مبتنی بر هسته سیلیکا خالص بود. بازرسی به صورت ناشناس انجام شد.

نتایج این بررسی در شکل ب-۲ نشان داده شده است.



شکل ب-۱- بررسی بیشینه/کمینه ضریب پراکندگی رنگی برای تارهای رده D این استاندارد در گستره طول‌موج ۱ ۲۷۰ nm تا ۱ ۶۲۵ nm

جدول ب-۱، داده‌های جمع‌آوری‌شده از پراکندگی رنگی را در گستره طول‌موج ۱ ۲۷۰ nm تا ۱ ۶۲۵ nm نشان می‌دهد که از ۸ فروشنده تار دریافت شده است.

بر اساس چیدمان این داده‌ها، بیشینه و کمینه ویژگی‌های خط مرزی برای پراکندگی رنگی تار رده D این استاندارد بسط یافته است، به جدول ۲ بند ۸ مراجعه شود که اولین بار در ویرایش نهم معرفی شده است.

جدول ب-۱- بررسی بیشینه/کمینه ضریب پراکندگی رنگی برای تارهای رده D این استاندارد در گستره طول‌موج ۱ ۲۷۰ nm تا ۱ ۶۲۵ nm

Wavelength (nm)	Vendor 1 (Min CD)	Vendor 1 (Max CD)	Vendor 2 (Min CD)	Vendor 2 (Max CD)	Vendor 3 (Min CD)	Vendor 3 (Max CD)	Vendor 4 (Min CD)	Vendor 4 (Max CD)	Vendor 5 (Min CD)	Vendor 5 (Max CD)	Vendor 6 (Min CD)	Vendor 6 (Max Cd)	Vendor 7 (Min CD)	Vendor 7 (Max CD)	Vendor 8 (Min CD)	Vendor 8 (Max CD)
1270	-4,96	-2,36	-4,82	-2,83	-4,74	-3,14	-4,83	-3,18	-5,18	-2,54	-4,80	-3,05	-4,70	-2,76		
1280	-3,99	-1,56	-3,87	-1,88	-3,79	-2,18	-3,87	-2,26	-4,18	-1,68	-3,83	-2,12	-3,80	-1,82	-3,99	-1,83
1290	-3,05	-0,77	-2,90	-0,94	-2,88	-1,25	-2,94	-1,34	-3,19	-0,83	-2,89	-1,21	-2,90	-0,91	-3,16	-0,92
1300	-2,12	0,00	-2,00	-0,02	-1,96	-0,33	-2,03	-0,43	-2,17	-0,01	-1,97	-0,32	-2,10	-0,10	-2,25	0,00
1310	-1,23	0,91	-1,18	0,88	-1,08	0,56	-1,14	0,46	-1,28	0,89	-1,07	0,55	-1,20	0,84	-1,28	0,92
1320	-0,35	1,81	-0,33	1,76	-0,22	1,44	-0,28	1,33	-0,35	1,75	-0,20	1,41	-0,40	1,68	-0,32	1,77
1330	0,45	2,68	0,50	2,62	0,61	2,29	0,56	2,19	0,49	2,61	0,65	2,24	0,50	2,50	0,48	2,60
1340	1,19	3,53	1,31	3,47	1,43	3,13	1,38	3,03	1,25	3,41	1,49	3,06	1,30	3,30	1,17	3,42
1350	1,92	4,37	2,10	4,29	2,23	3,94	2,19	3,85	2,01	4,25	2,30	3,86	2,00	4,08	1,84	4,15
1360	2,63	5,19	2,87	5,10	3,01	4,75	2,97	4,65	2,75	5,04	3,10	4,64	2,80	4,90	2,49	4,88
1370	3,32	5,99	3,55	5,90	3,79	5,51	3,73	5,44	3,47	5,83	3,88	5,39			3,13	5,59
1380	4,00	6,78	4,28	6,68	4,55	6,27	4,47	6,21	4,17	6,58	4,65	6,13			3,87	6,33
1390	4,67	7,54	4,98	7,44	5,29	7,02	5,19	6,97	4,88	7,39	5,41	6,86			4,59	7,05
1400	5,32	8,30	5,68	8,19	6,02	7,76	5,91	7,72	5,58	8,14	6,15	7,58			5,29	7,77
1410	5,96	9,04	6,37	8,92	6,74	8,48	6,60	8,45			6,88	8,30			5,96	8,49
1420	6,58	9,76	7,05	9,65	7,44	9,19	7,27	9,18			7,60	9,01			6,61	9,20
1425					7,79	9,55			7,31	9,97						
1430	7,20	10,47	7,72	10,35	8,14	9,89	7,94	9,89			8,31	9,71			7,29	9,91
1440	7,80	11,17	8,31	11,05	8,82	10,58	8,58	10,58			9,00	10,40			7,99	10,64
1450	8,39	11,86	8,99	11,73	9,50	11,26	9,18	11,27	8,98	11,71	9,67	11,08			8,71	11,35
1460	8,97	12,53	9,66	12,41	10,16	11,93	9,79	11,94			10,33	11,76			9,35	12,11
1470	9,54	13,19	10,32	13,07	10,82	12,59	10,40	12,61			10,98	12,42			9,98	12,82
1475					11,15	12,92			10,60	13,40						
1480	10,10	13,84	10,90	13,72	11,45	13,22	10,99	13,26			11,61	13,08			10,63	13,54
1490	10,65	14,48	11,59	14,36	12,10	13,87	11,57	13,90			12,23	13,73			11,26	14,27
1500	11,19	15,10	12,21	14,99	12,74	14,51	12,13	14,53	12,16	15,16	12,83	14,37	12,30	14,50	11,87	14,99
1510	11,72	15,72	12,82	15,61	13,36	15,14	12,68	15,15			13,42	15,00	12,80	15,20	12,45	15,68
1520	12,24	16,33	13,42	16,23	13,98	15,76	13,21	15,76			14,00	15,63	13,40	15,80	13,11	16,40
1525					14,28	16,06			13,66	16,89					13,55	16,79
1530	12,76	16,93	14,01	16,83	14,59	16,37	13,74	16,36			14,56	16,25	14,00	16,40	13,84	17,12
1540	13,26	17,51	14,59	17,43	15,18	16,97	14,27	16,94			15,12	16,85	14,50	17,00	14,40	17,76
1550	13,76	18,09	15,16	18,02	15,76	17,56	14,78	17,52	15,10	18,56	15,66	17,45	15,00	17,50	14,94	18,39
1560	14,25	18,66	15,73	18,60	16,33	18,14	15,28	18,10			16,20	18,05	15,60	18,20	15,50	19,01
1570	14,73	19,22	16,28	19,18	16,89	18,71	15,78	18,66			16,73	18,63	16,10	18,80	15,99	19,63
1575					17,17	18,99			16,48	20,20					16,29	19,93
1580	15,20	19,78	16,82	19,75	17,45	19,27	16,27	19,21			17,24	19,21	16,60	19,30	16,49	20,25
1590	15,67	20,32	17,36	20,33	17,99	19,83	16,75	19,76			17,75	19,77	17,10	19,90	16,95	20,88
1600	16,13	20,86	17,89	20,89	18,53	20,37	17,23	20,30	17,81	21,81	18,25	20,33	17,60	20,40	17,40	21,45
1610	16,59	21,39	18,41	21,45	19,06	20,91	17,70	20,83			18,75	20,89	18,10	21,00	17,89	22,08
1620	17,03	21,91	18,92	22,01	19,58	21,44	18,17	21,36			19,23	21,43	18,60	21,50	18,31	22,69
1625	17,25	22,17	19,17	22,28	19,84	21,71	18,40	21,62	19,09	23,38	19,47	21,70	18,90	21,80	18,60	23,01

کتاب‌نامه

[1] Recommendation ITU-T G.663 (2011), Application-related aspects of optical amplifier devices and subsystems

[2] Recommendation ITU-T G.691 (2006), Optical interfaces for single channel STM-64 and other SDH systems with optical amplifiers

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۸۸۸۱: سال ۱۳۸۵، واسط‌های نوری برای STM-64 تک‌کاناله و سایر سیستم‌های SDH با تقویت‌کننده‌های نوری، با استفاده از توصیه‌نامه ITU-T G.691:2003 + Amd1: 2005 تدوین شده است.

[3] Recommendation ITU-T G.692 (1998), Optical interfaces for multichannel systems with optical amplifiers

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۸۸۸۳: سال ۱۳۸۵، واسط‌های نوری برای سیستم‌های چند کاناله دارای تقویت‌کننده‌های نوری، با استفاده از توصیه‌نامه ITU-T G.692:1998 + Amd1: 2005 تدوین شده است.

[4] Recommendation ITU-T G.693 (2009), Optical interfaces for intra-office systems

[5] Recommendation ITU-T G.695 (2015), Optical interfaces for coarse wavelength division multiplexing applications

[6] Recommendation ITU-T G.696.1 (2010), Longitudinally compatible intra-domain DWDM applications

[7] Recommendation ITU-T G.698.1 (2009), Multichannel DWDM applications with single-channel optical interfaces

[8] Recommendation ITU-T G.698.2 (2009), Amplified multichannel dense wavelength division multiplexing applications with single channel optical interfaces

[9] Recommendation ITU-T G.698.3 (2012), Multichannel seeded DWDM applications with single-channel optical interfaces

[10] Recommendation ITU-T G.957 (2006), Optical interfaces for equipments and systems relating to the synchronous digital hierarchy

[11] Recommendation ITU-T G.959.1 (2016), Optical transport network physical layer interfaces

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۹۵۹/۱: سال ۱۳۸۸، سری‌های G - رسانه و سامانه‌های انتقال- شبکه‌ها و سامانه‌های رقمی- بخش‌های رقمی و سامانه خط رقمی- سامانه‌های خط رقمی- واسط‌های لایه فیزیکی شبکه‌های ترابری نوری، با استفاده از توصیه‌نامه ITU-T G.959.1: 2008 تدوین شده است.

[12] Recommendation ITU-T G.983.1 (2005), Broadband optical access systems based on Passive Optical Networks (PON)

[13] Recommendation ITU-T G.984.2 (2003), Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification

[14] Recommendation ITU-T G.985 (2003), 100 Mbit/s point-to-point Ethernet based optical access system

[15] Recommendation ITU-T G.986 (2010), 1 Gbit/s point-to-point Ethernet-based optical access system

[16] Recommendation ITU-T G.987.2 (2016), 10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Physical media dependent (PMD) layer specification

[17] Recommendation ITU-T G.989.2 (2014), 40-Gigabit-capable passive optical networks 2 (NG-PON2): Physical media dependent (PMD) layer specification

[18] Recommendation ITU-T G-Sup.39 (2016), Optical system design and engineering considerations

[19] Recommendation ITU-T G-Sup 40 (2010), Optical fibre and cable Recommendations and standards guideline

[۲۰] استاندارد ملی ایران شماره ۱۱-۲-۸۷۱۶: سال ۱۳۹۴، بافه‌های تار نوری (کابل‌های تار نوری)- قسمت ۲-۱۱: بافه‌های تار نوری داخلی- ویژگی تفصیلی بافه‌های (کابل‌های) یک‌طرفه و دوطرفه برای استفاده در بافه‌کشی محوطه بنا

[21] IEC/TR 61282-3 (2006), Fibre optic communication system design guides – Part 3: Calculation of polarization mode dispersion

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۳-۸۸۸۵: سال ۱۳۸۵، راهنمای طراحی سیستم مخابرات فیبرنوری- قسمت ۳: محاسبه پاشندگی مد قطبش، با استفاده از استاندارد IEC 61282-3: 2002 تدوین شده است.