INSO

10817-3-7

1st. Edition

2013

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

استاندارد ملی ایران

۱۰۸۱۷-۳-۷

چاپ اول

۱۳۹۲

افزاره‌های اتصال متقابل فیبرنوری و قطعات غیرفعال - آزمون پایه و رویه‌های اندازه‌گیری قسمت ۳-۷: آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌ها- وابستگی تضعیف و اتلاف برگشتی قطعات تک مد به طول موج

Fiber optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-7: Examinations and measurements – Wavelength dependence of attenuation and return loss of single mode components

ICS:33.180.20

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است .

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان ، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود وکوششی 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 وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود .پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی 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 می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود .بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور ، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (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 of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

افزاره‌های اتصال متقابل فیبرنوری و قطعات غیرفعال - آزمون پایه و رویه‌های اندازه‌گیری - قسمت ۳-۷: آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌ها- وابستگی تضعیف و اتلاف برگشتی قطعات تک مد به طول موج

رئیس:	**سمت و / نمایندگی**
صمدیان، علی (لیسانس مهندسی برق - الکترونیک)	معاون فناوری ارتباطات مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک
دبیر:	
رضایی، رامین (لیسانس مهندسی برق - الکترونیک)	معاون طرح و توسعه مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
ارقند، ایرج (فوق لیسانس مخابرات- میدان)	سرپرست آزمایشگاه EMC مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک
افکار، علی (دکترای مهندسی برق- الکترونیک)	عضو هیات علمی دانشگاه علم و صنعت
ترابی، امیرحسین (لیسانس الکترونیک)	کارشناس الکترونیک و ابزار دقیق شرکت تام ایران‌خودرو
زندباف، عباس (لیسانس مهندسی الکترونیک - مخابرات)	کارشناس شرکت ارتباطات زیرساخت
عروجی، سیدمهدی (فوق‌لیسانس مدیریت فناوری اطلاعات)	کارشناس تدوین استاندارد سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی
نادری، مجید (دکترای مهندسی برق - الکترونیک)	عضو هیات علمی دانشگاه علم و صنعت

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش گفتار ز
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ کوته‌نوشت‌ها ۱
۴ کلیات ۳
۴-۱ توصیف کلی ۳
۴-۲ شرایط طیفی ۳
۴-۳ تعریف ۴
۴-۳-۱تضعیف ۴
۴-۳-۲ اتلاف برگشتی ۵
۴-۴ افزاره‌ی تحت آزمون ۵
۴-۵ روش‌های اندازه‌گیری ۵
۴-۵-۱روش‌الف- منبع نور پهن‌باند (BBS) ۶
۴-۵-۲ روش ب- منبع نور باریک‌باند قابل تنظیم (TLS) ۷
۴-۵-۳ روش پ- مجموع منابع نور باریک‌باند (NLS) ثابت چندگانه ۸
۴-۵-۴ روش ت-OTDR قابل تنظیم ۸
۴-۵-۵ روش مرجع ۸
۵ تجهیزات ۸
۵-۱ منبع طول موج ۸
۵-۱-۱ روش الف- منبع نور پهن‌باند ۸
۵-۱-۲ روش ب- منبع نور باریک‌باند قابل تنظیم ۹
۵-۱-۳ روش پ- مجموعه ای از N منبع نور باریک‌باند ۹

۵-۱-۴ روش ت- OTDR قابل تنظیم ۹
۵-۱-۵ واقطبنده ۹
۵-۲ سامانه‌ی آشکارسازی ۱۰
۵-۲-۱ طیف آشکارسازی باریک‌باند قابل تنظیم روش الف، روش ب-۲ و روش پ-۲ ۱۰
۵-۲-۲ طیف آشکارسازی پهن‌باند روش ب-۱ و روش پ-۱ ۱۱
۵-۳ افزاره‌های انشعاب‌دهی ۱۱
۵-۴ پایان دهی ۱۱
۶ روش اجرایی ۱۲
۶-۱ روش الف- منبع نور پهن‌باند ۱۲
۶-۱-۱ فقط تضعیف ۱۲
۶-۱-۲ فقط اتلاف برگشتی ۱۳
۶-۱-۳ تضعیف و اتلاف برگشتی ۱۴
۶-۲ روش ب- منبع نور باندباریک قابل تنظیم ۱۵
۶-۳ روش پ- مجموعه‌ی منابع نور باریک‌باند ثابت چندگانه ۱۶
۶-۳-۱ فقط تضعیف ۱۶
۶-۳-۲ فقط اتلاف برگشتی ۱۸
۶-۳-۳ تضعیف و اتلاف برگشتی ۱۹
۶-۴ نتایج آزمون ۲۰
۷ جزییاتی که باید مشخص شود ۲۱
۷-۱ منبع ۲۱
۷-۱-۱ منبع پهن‌باند ۲۱
۷-۱-۲ منبع نور باند باریک قابل تنظیم ۲۱
۷-۱-۳ واقطبنده ۲۱
۷-۲ سامانه‌ی آشکارسازی ۲۲
۷-۲-۱ توان‌سنج نوری ۲۲
۷-۲-۲ تحلیل‌گر طیف نوری ۲۲

۷-۳ افزاره‌ی انشعاب‌دهی مرجع ۲۲
۷-۴ پایان‌دهی ۲۲
پیوست الف (اطلاعاتی) پیکربندی‌های افزاره‌ی تحت آزمون، پایان‌دهی‌ها و انواع محصول ۲۳
پیوست ب (اطلاعاتی) ویژگی‌های منبع نور نوعی ۲۵

پیش گفتار

استاندارد "افزاره‌های اتصال متقابل فیبرنوری و قطعات غیرفعال - آزمون پایه و رویه‌های اندازه‌گیری - قسمت ۳-۷: آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌ها- وابستگی تضعیف و اتلاف برگشتی قطعات تک مد به طول موج" که پیش‌نویس آن در کمیسیون فنی مربوط، توسط مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک به‌عنوان استاندارد ملی ایران، تهیه شده و در صد و چهل و سومین اجلاسیه‌ی کمیته‌ی ملی استاندارد مخابرات مورخ ۹۲/۱۰/۲۱ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه‌ی صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط، مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، همواره از آخرین تجدیدنظر آنها استفاده خواهد شد.

IEC 61300-3-7:2009 Fiber optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures –Part 3-7: Examinations and measurements – Wavelength dependence of attenuation and return loss of single mode components

افزاره‌های اتصال متقابل فیبرنوری و قطعات غیرفعال - آزمون پایه و رویه‌های اندازه‌گیری - قسمت ۳-۷: آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌ها- وابستگی تضعیف و اتلاف برگشتی قطعات تک مد به طول موج

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین و تشریح روش‌های مختلف موجود برای اندازه‌گیری وابستگی تضعیف A(λ) و اتلاف برگشتی RL(λ) به طول‌موج در اجزای نوری غیرفعال تک‌مد (POC)[1] مورد استفاده در مخابرات فیبر نوری (FO)[2] است. این استاندارد در مورد افزاره‌های همتافت‌گری تقسیم طول‌موج چگال (DWDM)[3] کاربرد ندارد. روش‌های اندازه‌گیری وابستگی تضعیف افزاره‌های DWDM به طول‌موج در استاندارد IEC 61300-3-29 تعریف شده‌اند. انواع افزاره‌ی WDM در استاندارد IEC 62074-1 آمده است.

سه مورد اندازه‌گیری بررسی شده در این استاندارد عبارتند از:

- فقط اندازه‌گیری A(λ)
- فقط اندازه‌گیری RL(λ)
- اندازه‌گیری همزمان A(λ) و RL(λ)

این اندازه‌گیری‌ها را می‌توان تک‌جهتی (یک‌جهتی) یا دوجهتی انجام داد.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

2-1 IEC 61300-3-29, Fiber optic interconnecting devices and passive components – Basic test and measurement procedures – Part 3-29: Examinations and measurements – Measurement Techniques for characterizing the amplitude of the spectral transfer function of DWDM Components

2-2 IEC 62074-1, Fiber optic WDM devices – Part 1: Generic specification

۳ کوته‌نوشت‌ها

کوته‌نوشت‌ها و سرواژه‌های مورد استفاده در این استاندارد عبارت‌اند از:

A	Attenuation	تضعیف
A(λ)	Wavelength Dependent Attenuation	تضعیف وابسته به طول‌موج

1-Passive Optical Components
2- Fiber-Optic
3- Dense Wavelength Division Multiplexing

ASE	Amplified Spontaneous Emission	گسیل خودبه‌خودی تقویت شده
BBD	broadband detection	آشکارسازی پهن‌باند
BBS	broadband source	منبع پهن‌باند
BD	branching devices	افزاره‌های انشعاب‌دهی
CWDM	coarse wavelength division multiplexing	همتافت‌گری تقسیم طول‌موج بلند
DFB	distributed feedback (laser)	بازخورد توزیع شده (لیزر)
DOP	degree of polarization	درجه‌ی قطبش
DUT	device under test	افزاره‌ی تحت آزمون
DWDM	dense wavelength division multiplexing	همتافت‌گری تقسیم طول‌موج چگال
DWS	discrete wavelength source	منبع طول‌موج گسسته
ECL	external cavity (tuneable) laser	لیزر(قابل تنظیم) حفره بیرونی
EDFL	erbium-doped fibre laser	لیزر فیبری اربیوم- غلیظ
FA	fibre amplifier	تقویت‌کننده‌ی فیبر
FP	Fabry-Perot (laser)	فابری-پرو (لیزر)
$G(\lambda)$	test system constant	ثابت سامانه‌ی آزمون
IL	insertion loss	اتلاف جاگذاری
$IL(\lambda$	wavelength dependent insertion loss	اتلاف جای‌گذاری وابسته به طول‌موج
L	Wavelength	طول‌موج
NLS	narrowband light sources	منابع نور باریک‌باند
OPM	optical power meter	توان‌سنج نوری
OSA	optical spectrum analyzer	تحلیل‌گر طیف نوری
$P_i(\lambda)$	wavelength dependent power incident on the DUT	توان وابسته به طول‌موج تابیده بر افزاره‌ی تحت آزمون
$P_r(\lambda)$	wavelength dependent power reflected by the DUT (from the input port of the DUT)	توان وابسته به طول‌موج بازتابشی توسط افزاره‌ی تحت آزمون (از درگاه ورودی افزاره‌ی تحت آزمون)
$P_t(\lambda)$	wavelength dependent power transmitted through the DUT	توان وابسته به طول‌موج انتقالی از طریق افزاره‌ی تحت آزمون
$P_G^{RL}(\lambda)$	wavelength dependent reflected power measured for the determination of the test set-up constant	توان وابسته به طول‌موج بارتابشی اندازه‌گیری شده برای تعیین ثابت برپاسازی آزمون
$P_{Gi}^{RL}(\lambda)$	wavelength dependent incident power measured for the determination of the test set-up constant	توان وابسته به طول‌موج تابیده‌ی اندازه‌گیری شده برای تعیین ثابت برپاسازی آزمون
$P_i^A(\lambda)$	wavelength dependent power incident on the DUT in case of the wavelength dependent attenuation measurement	توان وابسته به طول‌موج تابیده به افزاره‌ی تحت آزمون در حالت اندازه‌گیری تضعیف وابسته به طول‌موج
$P_i^{RL}(\lambda$	wavelength dependent power incident on the DUT in case of the wavelength dependent return loss measurement	توان وابسته به طول‌موج تابیده به افزاره‌ی تحت آزمون در حالت اندازه‌گیری اتلاف برگشتی وابسته به

		طول‌موج
PDL	polarization dependent loss	اتلاف وابسته به قطبش
POC	passive optical components	اجزای نوری غیرفعال
RBD	reference branching device	افزاره‌ی انشعاب‌دهی مرجع
PON	passive optical network	شبکه نوری غیر فعال
RBW	resolution bandwidth	پهنای‌باند تفکیک‌پذیری
RL	return loss	اتلاف برگشتی
RL(λ)	wavelength dependent return loss	اتلاف برگشتی وابسته به طول‌موج
RTM	reference test method	روش آزمون مرجع
SMSR	side mode suppression ratio	نسبت حذف حالت کناری
SOA	semiconductor amplifier	تقویت‌کننده‌ی نیم‌رسانا
SOP	state of polarization	حالت قطبش
T	Termination	پایان‌دهی
TJ	- temporary joint	پیوندگاه موقت
TND	tune able narrowband detection (system)	(سامانه‌ی) آشکارسازی باریک‌باند قابل تنظیم
TLS	- tune able narrowband light source	منبع نور باریک‌باند قابل تنظیم
TN-OTDR	tune able OTDR	OTDR قابل تنظیم
WDM	wavelength division multiplexing	همتافت‌گری تقسیم طول‌موج

۴ کلیات

۴-۱ توصیف کلی

A(λ) و RL(λ) که بر حسب دسی‌بل (dB) بیان می‌شود، در نتیجه جای‌گذاری آن در سامانه‌ی مخابراتی فیبرنوری (FO) از افزاره‌ی تحت آزمون (DUT) انتقال یا بازتابش می‌شود. A(λ) و RL(λ) از مقایسه‌ی توان نوری تابیده بر DUT و توان نوری زیر به‌دست می‌آید:

- انتقالی در درگاه خروجی DUT
- بازتابشی از درگاه ورودی DUT

DUT برای اندازه‌گیری دوسویه وارونه می‌شود. اندازه‌گیری‌ها بهتر است در هر دو جهت انجام و میانگین شود مگر در مواردی که افزاره را عمداً غیر دوسویه گرفته و میانگین نباید انجام شود.

توصیه نمی‌شود اصطلاح "اتلاف برگشتی" هم‌ارز با بازتابش به‌کار رود. هریک معنای کاملاً متفاوتی دارند.

۴-۲ شرایط طیفی

اندازه‌گیری‌های A(λ) وRL(λ) در گستره‌ای از طول‌موج که در مشخصات فنی DUT تعریف شده است انجام می‌شود. برای تعریف ویژگی‌های طیفی سامانه‌ی اندازه‌گیری مثل تفکیک پذیری طول‌موج آن (اختلاف طیفی دو نقطه‌ی داده‌ای مجاور) و عدم قطعیت (عدم‌قطعیت طیفی حول هر نقطه‌ی داده‌ای) که به نوبت

پهنای‌باند سامانه‌ی اندازه‌گیری را تعریف می‌کند، بهتر است از ویژگی‌های طیفیDUT که باز هم در مشخصات آن تعریف شده است استفاده شود.

۴-۳ تعریف

۴-۳-۱ تضعیف

A(λ) یعنی کاهش توان نور انتقالی از DUT به صورت تابعی از طول‌موج که به صورت زیر بیان می‌شود:

$$A(\lambda) = -10 \times log\left[\frac{p_t(\lambda)}{p_i(\lambda)}\right][dB]$$

که در آن داریم:

$P_t(\lambda)$ توان نوری تابع طول موج است که انتقالی از طریق درگاه ورودی DUT و اندازه‌گیری شده در درگاه خروجی DUT بر حسب وات است.

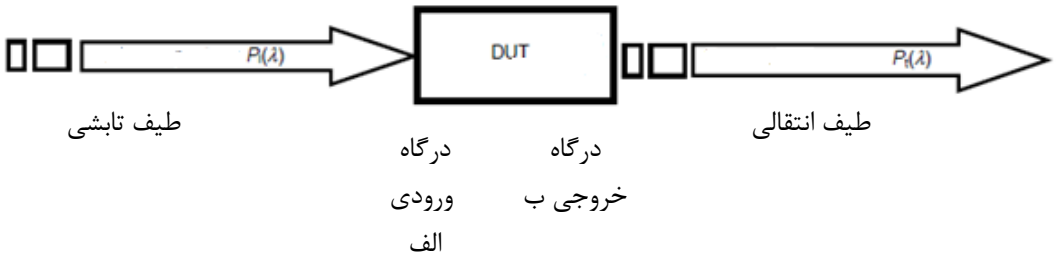
$P_i(\lambda)$ توان نوری تابع طول موج است که تابیده بر درگاه ورودی DUT و اندازه‌گیری شده در آن بر حسب وات است.

در اندازه‌گیری دو سویه داریم:

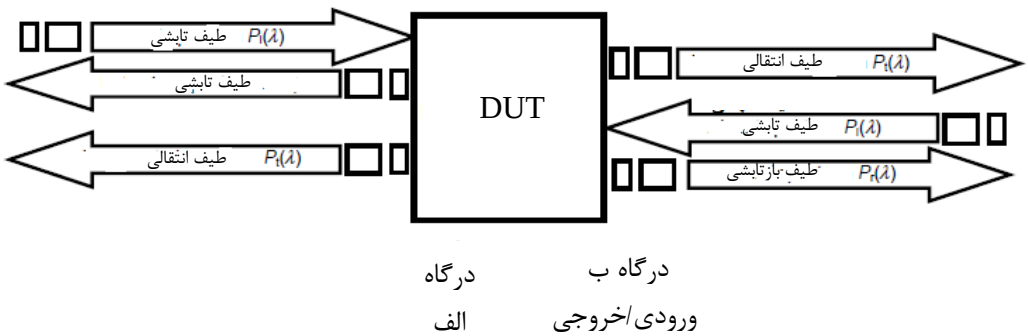
$P_t(\lambda)$ توان نوری تابع طول‌موج است که انتقالی از طریق درگاه خروجی DUT و اندازه‌گیری شده در درگاه ورودیDUT بر حسب وات است.

$P_i(\lambda)$ توان نوری تابع طول‌موج و تابیده بر درگاه خروجی DUT و اندازه‌گیری شده در آن بر حسب وات است.

این فرایند در شکل ۱ به تصویر کشیده شده است.



الف) اندازه‌گیری یک جهته



ب) اندازه‌گیری دو جهته

شکل ۱ وابستگی تضعیف و اتلاف برگشتی به طول‌موج

۴-۳-۲ اتلاف برگشتی

RL(λ) یعنی کاهش توان نور بازتابشی توسط DUT به صورت تابعی از طول‌موج که به صورت زیر بیان می‌شود:

$$RL(\lambda) = -10 \times log\left[\frac{p_r(\lambda)}{p_i(\lambda)}\right][dB]$$

که در آن داریم:

$P_r(\lambda)$ توان نوری تابع طول موج است که بازتابشی از درگاه ورودی DUT و اندازه‌گیری شده در آن بر حسب وات است.

$P_i(\lambda)$ توان نوری تابع طول‌موج و تابیده بر درگاه ورودی DUT و اندازه‌گیری شده در آن بر حسب وات است.

در اندازه‌گیری دو سویه نیز داریم:

$P_r(\lambda)$ توان نوری تابع طول‌موج بازتابشی از درگاه خروجی DUT و اندازه‌گیری شده در آن بر حسب وات است.

$P_i(\lambda)$ توان نوری تابع طول‌موج تابیده بر درگاه خروجی DUT و اندازه‌گیری شده در آن بر حسب وات است.

این فرایند در شکل ۱ به تصویر کشیده شده است.

۴-۴ افزاره‌ی تحت آزمون

افزاره‌ی تحت آزمون (DUT) ممکن است بیش از دو درگاه داشته باشد اما چون اندازه‌گیری A (λ) خواه به صورت یک سویه خواه به صورت دو سویه، فقط در دو درگاه انجام می شود، DUT در این استاندارد دارای دو درگاهی تشریح شده است. در مورد اندازه‌گیری RL (λ) نیز همین نکته صدق می‌کند به جز آن که در این مورد اندازه‌گیری در هر زمان فقط در یک درگاه انجام می‌شود.

در این جا هشت پیکربندی مختلف DUT در نظر گرفته شده است که در جدول ب۱ پیوست ب شرح داده شده است. تفاوت این پیکربندی‌ها در پایان‌دهی‌های درگاه‌های نوری است. پایان‌دهی‌ها ممکن است از فیبر لخت، فیش اتصال‌دهنده یا مادگی تشکیل شده باشد. انواع مختلف محصول مورد نظر در این استاندارد در جدول ب۲ پیوست ب آمده است.

۴-۵ روش‌های اندازه‌گیری

ویژگی پاسخ‌های طیفی DUT را می‌توان در چندین طول‌موج گسسته در گستره‌ی طول‌موج مورد نظر، به طور پیوسته در گستره یا ترکیبی از موارد فوق تعیین کرد. نحوه این تعیین ویژگی نیز روش‌های مختلف آزمون را مشخص می‌کند.

چهار روش الف تا ت در اندازه‌گیری RL(λ) و A(λ) تعریف شده است که به ترتیب معرفی‌شان در زیر فهرست شده‌اند. در برخی روش‌ها می‌توان از چند پیکربندی استفاده کرد.

چکیده‌ای از روش‌های مختلف آزمون و مشخصات اصلی‌شان در جدول ۱ آمده است.

یادآوری- روش‌ها و پیکربندی‌های آزمون مختلف دقت‌های مختلفی در تضعیف مورد اندازه‌گیری به‌دست می‌دهند. در موارد بروز اختلاف بهتر است از RTM استفاده کرد.

جدول ۱ – روش‌های آزمون و ویژگی‌ها

روش	نام	منبع نور	سامانه‌ی آشکارسازی	مثال	توضیح
الف	BBS	BBS	TND	BBS + DUT + OSA	جانشین
ب	TLS	واقطبیده+ واپایش [۱] همدوسی			
ب-۱	TLS + BBD	TLS	BBD	TLS + DUT + OPM	
ب-۱-۱	TLS در حالت شروع-توقف-اندازه‌گیری +BBD	TLS در حالت شروع-توقف-اندازه‌گیری	BBD	TLS + DUT + OPM	جانشین
ب-۱-۲	TLS در حالت جاروب + BBD	TLS در حالت جاروب	BBD	TLS + DUT + OPM	جانشین
ب-۲	TLS + TND	TLS	TND	TLS + DUT + OSA	
ب-۲-۱	TLS در حالت شروع-توقف-اندازه‌گیری +TND	TLS در حالت شروع-توقف-اندازه‌گیری	TND	TLS + DUT + OSA	RTM
ب-۲-۲	TLS در حالت جاروب + TND	TLS در حالت جاروب	TND	TLS + DUT + OSA	جانشین
پ	مجموعه N NLS	واقطبیده + واپایش همدوسی			
پ-۱	N NLS + BBD	N NLS	BBD	N NLS + N x 1تزویج‌گر + DUT + OPM	جانشین
پ-۲	N NLS + TND	N NLS	TND	N NLS + N x 1تزویج‌گر + DUT + OSA	جانشین
ت	TN-OTDR	TN OTDR	TN-OTDR	TN-OTDR + DUT	جانشین

۱-۵-۴ روش الف- منبع نور پهن‌باند (BBS)

در روش الف از منبع نور پهن‌باند (BBS) به همراه سامانه‌ی آشکارسازی پالایش باریک‌باند قابل تنظیم (TND) استفاده می‌شود.

یکی از پیاده‌سازی‌های ممکن برای روش الف استفاده از BBS به همراه تحلیل‌گر طیف نوری (OSA) است. مزیت روش الف این است که طی یک تک آزمون تمام گستره‌ی طول‌موج لازم را فراهم می‌کند و نرخ

۱- Control

نمونه‌گیری آزمون توسط TND تعریف می‌شود. اندازه‌گیری وابستگی به طول‌موج بهتر است با استفاده از BBS دارای چگالی توان طیفی با کیفیت بالا انجام شود. برای آن که اندازه‌گیری دقیق باشد بهتر است از پالایه‌ی طیفی TND مناسب استفاده شود.

۴-۵-۲ روش ب- منبع نور باریک‌باند میزان‌پذیر (TLS)

در روش ب از منبع نور باریک‌باند قابل تنظیم (TLS) با دو سامانه‌ی آشکارسازی مختلف ممکن استفاده می‌شود.

۴-۵-۲-۱ روش ب-۱ منبع نور باریک‌باند قابل تنظیم و سامانه‌ی آشکارسازی پهن‌باند

در روش ب-۱ از TLS به همراه سامانه‌ی آشکارسازی پهن باند (BBD) استفاده می‌شود.

یکی از پیاده‌سازی‌های ممکن روش ب-۱ استفاده از TLS به با توان‌سنج نوری (OPM) است. می‌توان TLS را در دو حالت مختلف با BBD به کار بردکه عبارتند از:

الف) روش ب-۱-۱ منبع باریک‌باند میزان پذیر گام به گام و سامانه‌ی آشکارسازی پهن‌باند

در این روش پهنای‌باند اندازه‌گیری را پهنای‌خط TLS معین می‌کند. اگر پهنای‌خط خیلی باریک باشد نویز جانبی، اثرات تداخلات همدوس و مقداری داده‌های غیرضروری پدید می‌آورد اما اگر پهنای‌خط خیلی گسترده باشد تفکیک‌پذیری کافی برای پاسخ طیفی DUT فراهم نمی‌کند. برای تعریف مناسب پهنای خط TLS برآوردی از پهنای‌باند DUT و به‌کارگیری معیار نایکویست لازم است.

ب) روش ب-۲-۱ منبع نور باند باریک قابل تنظیم انحرافی و سامانه‌ی آشکارساز پهن‌باند

در این روش پهنای‌باند اندازه‌گیری را پهنای باند سامانه‌ی آشکارسازی معین می‌کند نه پهنای‌خط TLS. برای تعریف مناسب پهنای‌باند سامانه‌ی آشکارسازی، برآوردی از پهنای‌باند DUT و به کارگیری معیار نایکویست لازم است.

۴-۵-۲-۲ روش ب-۲- منبع نور باریک‌باند قابل تنظیم و سامانه‌ی آشکارسازی باریک‌باند قابل تنظیم

در روش ب-۲ از TLS همراه با TND استفاده می‌شود. همزمانی بین دو سر سامانه‌ی اندازه‌گیری ضروری است. این روش به ویژه برای اجزای بسیار باریک‌باند سودمند است.

یکی از پیاده‌سازی‌های ممکن روش ب-۲ استفاده از TLS به همراه OSA است. از TLS می‌توان در دو حالت مختلف با TND استفاده کرد که عبارتند از:

الف) روش ب-۲-۱ منبع باریک‌باند قابل تنظیم گام به گام و سامانه‌ی آشکارسازی باریک‌باند قابل تنظیم

پهنای‌باند اندازه‌گیری در روش ب-۱-۲ همانند روش ب-۱-۱ است.

ب) روش ب-۲-۲ منبع نور باریک‌باند قابل تنظیم سریع و سامانه‌ی آشکارسازی باریک‌باند قابل تنظیم

پهنای‌باند اندازه‌گیری در روش ب-۲-۲ همانند روش ب-۲-۱ است.

۴-۵-۳ روش پ- مجموع منابع نور باریک‌باند (NLS) ثابت چندگانه

در روش پ یک مجموعه از N منبع نور باریک باند (NLS) همراه با دو سامانه‌ی آشکارسازی مختلف ممکن به‌کار می‌رود. این روش به ویژه هنگامی سودمند است که پاسخ طیفی کاملاً غیریکنواخت برای DUT مورد انتظار باشد و نواحی غیریکنواخت را باید به دقت ارزیابی کرد.

یکی از پیاده‌سازی‌های ممکن روش پ استفاده از یک مجموعه از N لیزر DFB به همراه N×1 تزویج‌گر و/یا N× 1 شکافنده در هر طرف DUT و یک OPM برای هر DFB است.

۴-۵-۳-۱ روش پ-۱- NLS وBBD

روش پ-۱ گونه‌ای از روش ب-۱ است که در آن TLS جای خود را به مجموعه N عدد NLS داده است.

۴-۵-۳-۲ روش پ-۲-NLS وTND

روش پ-۲ نوعی از روش ب-۲ است که در آن TLS جای خود را به مجموعه N عدد NLS داده است.

۴-۵-۴ روش ت-OTDR قابل تنظیم

در روش ت نور باریک‌باند قابل تنظیمی توسط TN-OTDR گسیل می‌شود و آشکارسازی مناسب با استفاده از TN-OTDR به‌کار می‌رود.

۴-۵-۵ روش مرجع

روش آزمون مرجع (RTM) برای اندازه‌گیری A(λ) و RL(λ) روش ب-۱-۲ است.

۵ تجهیزات

اجزای چیدمان آزمون در بندهای فرعی زیر شرح داده شده است.

۵-۱ منبع طول‌موج

انواع منابع موجود مختلف برای انجام اندازه‌گیری‌ها در بندهای فرعی زیر شرح داده شده است.

۵-۱-۱ روش الف- منبع نور پهن‌باند

در روش الف BBS به‌کار می‌رود. بر اساس آن که BBS از چه نوعی باشد، در گستره‌ای طول‌موج نوری پهن‌باند با ویژگی‌های متفاوت گسیل می‌کند. BBS می‌تواند منبع نور سفید،LED (گسیل‌شده‌ی سطحی یا لبه‌ای)، LED ابردرخشان (SLED) یا منبع گسیل خودبه‌خودی تقویت شده (ASE) از تقویت‌کننده‌ی فیبرنوری (FA) یا تقویت‌کننده‌ی نیم رسانا (SOA) باشد.

BBS باید گستره‌ی مشخص شده‌ی طول‌موج را پوشش دهد. گستره‌ی طول‌موج باید آن قدر پهن باشد که پهنای باند مشخص شده‌ی DUT را پوشش دهد و توان خروجی به اندازه‌ی کافی برای اندازه‌گیری A(λ) و RL(λ) زیاد باشد. ثبات چگالی توان طیفی باید طی ۸ ساعت متوالی بهتر از ۰/۰۵ dB± باشد.

الزامات تفصیلی A(λ) و RL(λ) افزاره‌ی تحت آزمون که در مشخصات فنی آن تعریف شده باید در مشخصات چیدمان آزمون رعایت شود. در نتیجه الزامات BBS باید به دقت تعریف شود تا رعایت آن مشخصات در روش الف و چیدمان آزمون تضمین شود. ویژگی‌های اصلی BBS در بند ب-۱ پیوست ب شرح داده شده است.

۵-۱-۲ روش ب- منبع نور باریک باند قابل تنظیم

در روش ب TLS به‌کار می‌رود که بر اساس آن که از چه نوعی باشد نور پهن‌باندی گسیل می‌کند که طیف آن را در گستره‌ی طول‌موج می‌توان میزان کرد. TLS می‌تواند BBS با پالایه‌ای قابل تنظیم، لیزر قابل تنظیم حفره بیرونی (ECL)، لیزرDFB قابل تنظیم (DFB) و لیزر فیبر اربیوم-آلاییده قابل تنظیم (EDFL) باشد. ویژگی‌های اصلی انواع مختلف TLS در بند ب-۲ پیوست ب شرح داده شده است.

الزامات تفصیلی A(λ) و RL(λ) افزاره‌ی تحت آزمون که در مشخصات فنی آن تعریف شده باید در مشخصات چیدمان آزمون و انتخاب زیرمجموعه‌های ویزه روش ب رعایت شود. در نتیجه الزامات TLS باید به دقت تعریف شود تا رعایت آن مشخصات در روش آزمون انتخاب شده و چیدمان آزمون تضمین شود. در کل ویژگی‌های اصلی TLS که بهتر است به دقت در نظر گرفته شوند (به بند ب-۳ پیوست ب رجوع شود) عبارتند از:

- طول‌موج مرکز
- نسبت حذف حالت کناری (SMSR)، در صورت کاربرد
- پهنای خط در ارتباط با اثرات تداخل همدوس، اثرات اتلاف وابسته به قطبش (PDL) و بازتاب‌های کاذب و معیار نایکویست
- ثبات توان در تمام طول‌موج مورد بهره‌برداری باید طی ۸ ساعت متوالی بهتر ازdB ۰/۰۵± باشد.

واپایش همدوسی باید در منبع نور باریک‌باند مورد استفاده در TN-OTDR به‌کار گرفته شود تا از اثرات تداخل همدوسی اجتناب شود.

۵-۱-۳ روش پ- مجموعه‌ای از N منبع نور باریک‌باند

طول موج هر NLS و کل گستره‌ی طول موج مجموعه برای پوشش دادن طول‌موج‌های مشخص شده و کل گستره‌ی طول‌موج به همراه سامانه‌ی آشکارسازی تنظیم شده است. در تمام موارد N×۱ تزویج‌کننده یا سوده به‌کار می‌رود که N مساوی با تعداد NLS به‌کار رفته است. روش پ مبتنی بر مجموعه‌ی N طول‌موج گسسته است. طول‌موج‌ها را می‌توان با منابع زیر گسیل کرد:

- لیزر فابری-پرو (FP)
- لیزر DFB

معمولاً الزامات TLS مشابهی در مورد تمام منابع نور باریک‌باند مورد استفاده در مجموعه‌ی طول‌موج به‌کار می‌رود.

واپایش همدوسی باید به‌کار گرفته شود تا از اثرات تداخل همدوسی اجتناب شود.

۵-۱-۴ روش ت- OTDR قابل تنظیم

نور منبع گسیلی توسطTN-OTDR باید همان ویژگی‌های TLS را داشته باشد.

۵-۱-۵ واقطبنده

در تمام موارد خروجی، TLS را باید واقطبیده کرد تا A(λ) و RL(λ) مستقل از هر حالت ویژه از قطبش (SOP) یعنی میانگین مقدار در کل SOP ممکن باشد. روش‌های فعال و غیرفعالی برای واقطبش وجود دارد

مثل استفاده از درهم‌ساز قطبش یا مجموعه‌ی متوالی تزویج‌کننده‌های گردان. واپایش همدوسی باید در TLS به‌کار گرفته شود تا از اثرات تداخل همدوسی طی اندازه‌گیری اجتناب شود.

برای روش ب، پ و ت نتایج اندازه‌گیری باید میانگین A(λ) و RL(λ) و به‌صورت تابعی از حالت قطبش (SOP) باشد. این نکته اهمیت زیادی دارد زیر در این روش‌ها از منابع نور قطبیده‌ی باریک‌باند استفاده می‌شود و در نتیجه ممکن است نتایج آزمون در SOP ناشناس مختلف بعد از DUT به‌دست آید.

دو رهیافت برای به‌دست آوردن مقدار میانگین A(λ) و RL(λ) به‌صورت زیر است:

- رهیافت مستقیم: واقطبنده‌ی مبتنی بر افزاره‌ی فعال یا غیرفعال را به درگاه خروجی منبع وصل می‌کنند تا درجه‌ی قطبش (DOP) آن کاهش یابد. به این ترتیب می‌توان میانگین A(λ) و RL(λ) را به‌صورت تابعی از حالت قطبش (SOP) به‌طور مستقیم اندازه‌گیری کرد.
- رهیافت غیرمستقیم: اندازه‌گیری A(λ) و RL(λ) به‌صورت تابعی از حالت قطبش (SOP) و به‌دست آوردن مقدار میانگین A(λ) و RL(λ) از نتایج اندازه‌گیری

۵-۲ سامانه‌ی آشکارسازی

در زیربندهای پایین، گزینه‌های مختلف سامانه‌ی آشکارسازی در ارتباط با روش‌های تشریح شده در بالا شرح داده شده است.

۵-۲-۱ طیف آشکارسازی باریک‌باند قابل تنظیم روش الف، روش ب-۲ و روش پ-۲

در TND به طور معمول با استفاده از OSA توان نوری خروجی در تمام طول‌موج‌های گستره‌ی مشخص‌شده‌ی طول‌موج و تفکیک‌پذیری پهنای‌باند (RBW) را اندازه‌گیری می‌کنند. RBW در 3 dB– مشخص می‌شود و ویژگی طیفی طرح پالایش مورد استفاده در OSA است. RBW می‌تواند متغیر باشد اما باید طبق پهنای باند لازم DUT تعریف شده باشد و معیار نایکویست در آن رعایت شده باشد. برای اجتناب از تفسیر نادرست مصنوعات قابل آشکارسازی در پاسخ طیفی اندازه‌گیری شده‌ی DUT نسبت پس زدن نوری (ORR) باید در اختلاف طول‌موج مشخصی از طول‌موج مرکز مشخص شده باشد. نمونه‌ای از این مشخصه می‌تواند 20 dB– در فاصله‌ی ۰/۱ نانومتر از طول‌موج مرکز باشد. مقادیر دیگر می‌تواند مثلاً در 30 dB– و فاصله‌ی ۰/۲ نانومتر از طول‌موج مرکز باشد. بهتر است که پاسخ طیفی مورد نظر پالایه‌ی مورد استفاده در OSA تعریف شده باشد. اگر ارزیابی جهانی عملکرد OSA RBW مورد نظر باشد پاسخ شکلی کلی پالایه‌ی OSA مورد نیاز است که معمولاً از مقایسه‌ی پوشDFB با حاصل تداخل‌سنج دارای تفکیک‌پذیری بالا به‌دست می‌آید.

حساسیت و گستره‌ی پویای توان باید آن قدر باشد که برای اندازه‌گیری A(λ) و RL(λ) طبق مشخصات فنی DUT کافی باشد. عدم‌قطعیت دامنه‌ای ناشی از وابستگی قطبشی OSA باید کم‌تر از عدم قطعیت مطلوب ADUT (λ) مورد اندازه‌گیری باشد.

وقتی طی دنباله‌ی اندازه‌گیری، یک OSA را قطع و دوباره وصل کنند کارایی تزویجی برای دو اندازه‌گیری باید حفظ شود.

۵-۲-۲ طیف آشکارسازی پهن‌باند روش ب-۱ و روش پ-۱

BBD تشکیل شده است از آشکارساز نوری، مدارات الکترونیکی مربوطه و وسایل اتصال بهDUT. اتصال نوری ممکن است مادگی برای اتصال‌دهنده‌ی نوری، سرسیم بافته‌ی فیبر یا وفق‌دهنده فیبر ساده باشد.

گستره‌ی طول‌موج BBD و حساسیت توان باید آن قدر باشد که برای اندازه‌گیری $A(\lambda)$ و $RL(\lambda)$ کافی باشد. پاسخ BBD هم باید خطی باشد. چون تمام اندازه‌گیری‌ها تفاضلی است، نیازی نیست که کالیبره کردن به‌صورت مطلق باشد. بهتر است دقت کرد که توان بازتابشی حذف شود و حساسیت قطبشی از BBD طی اندازه‌گیری به حداقل برسد.

وقتی طی دنباله‌ی اندازه‌گیری، BBD را قطع و دوباره وصل کنند کارایی تزویجی دو اندازه‌گیری باید حفظ شود. برای گرفتن تمام نور منتشره ازDUT ، استفاده از آشکارساز دارای سطح بزرگ توصیه می‌شود.

۵-۳ افزاره‌های انشعاب‌دهی

افزاره‌های انشعاب‌دهی(BD) برای ایجاد انشعاب از DUT به منبع و سامانه‌ی آشکارسازی به‌کار می‌رود و بر اساس طراحی اتصال‌شان دارای پیکربندی سرسیم بافته یا اتصال‌دهنده‌ای است.

پیکربندی‌های BD می‌تواند اتصال‌دهنده‌ی پرشی (سیم وصله هم نامیده می‌شود)، سر وصل، وفق‌دهنده‌ی فیبر بدون روکش، اتصال مکشی یا اتصال بازویی کوچک باشد. پیکربندی دیگر نیز 1× 2 تزویج دهنده است که برای اندازه‌گیری $RLDUT(\lambda)$ به‌کار می‌رود.

نسبت شکافت BD باید به ازای طول‌موج، پایدار و یکنواخت باشد. عدم قطعیت دامنه‌ای ناشی از PDL متعلق به BD باید کم‌تر از عدم‌قطعیت مطلوب $RLDUT(\lambda)$ مورد اندازه‌گیری باشد. $ABD(\lambda)$ بهتر است آن قدر کم باشد که امکان دهد حداقل $RLDUT(\lambda)$ اندازه‌گیری شود. $RLDUT(\lambda)$ باید حداقل 20 dB بیش‌تر از کمینه $RLDUT(\lambda)$ مورد اندازه‌گیری باشد. هدایت‌گری بهتر است حداقل 10 dB بیش‌تر از کمینه $RLDUT(\lambda)$ مورد اندازه‌گیری باشد.

انتخاب BD باید طبق مشخصات تفصیلی DUT باشد.

وقتی طی دنباله‌ی اندازه‌گیری‌ها، BD را قطع و دوباره وصل کنند کارایی تزویجی دو اندازه‌گیری باید حفظ شود.

۵-۴ پایان‌دهی

شماری از پیکربندی‌های پایان‌دهی‌های DUT در جدول الف-۱ پیوست الف به تصویر کشیده شده است. پایان‌دهی‌های (RL_∞) باید دارای RL بالا باشد. سه نوع RL را می‌توان در نظر گرفت:

- انتهای زاویه‌دار فیبر به طوری که از اتصال‌دهنده‌ی زاویه‌دار صیقل‌خورده (APC) استفاده شود.
- استفاده از ماده‌ی انطباق دهنده به انتها فیبر.
- تضعیف کافی فیبر مثلاً با لفافه ماندرل

RL_∞ باید دارای RL دست‌کم 20 dB بزرگ‌تر از کمینه $RLDUT(\lambda)$ مورد اندازه‌گیری باشد.

اتصال‌دهنده‌های مرجع دارای سرسیم بافته و در صورت لزوم وفق‌دهنده‌های مرجع باید با پایان‌دهی‌های اتصال‌دهنده به درگاه‌های DUT افزوده شوند تا اتصال‌دهنده کاملی با سرسیم‌های بافته تشکیل شود.

۶ رویه

هدف از روش‌های تشریح شده در این جا تعریف روش‌های اجرایی به‌دست آوردن A(λ) و RL(λ) است.
در هر یک از روش‌های زیر، می‌توان دقت اندازه‌گیری را با استفاده از انواع روش‌های پایه بهبود داد. وقتی تعیین ویژگی‌های اجزای پر اتلاف در میان باشد آشکارسازی حساس به فاز منبع مدوله‌سازی شده به‌صورت خودکار مثالی از چیدمان بهبودیافته‌ی آزمون است.
همچنین نوسان توان منبع نوری را می‌توان در گذر زمان پایشگری کرد و در تنظیم نظام‌مند پاسخ طیفی DUT با استفاده از درگاه خروجی پایان‌دهی شده‌ی RBD به‌کار گرفت.

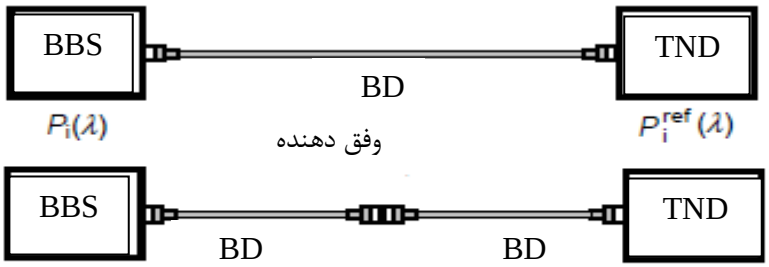
یادآوری- وقتی روش ب یا روش پ به‌کار رود دقت اندازه‌گیری به PDL افزاره‌ی تحت آزمون و سامانه‌ی آشکارسازی بستگی دارد.

۶-۱ روش الف- منبع نور پهن باند

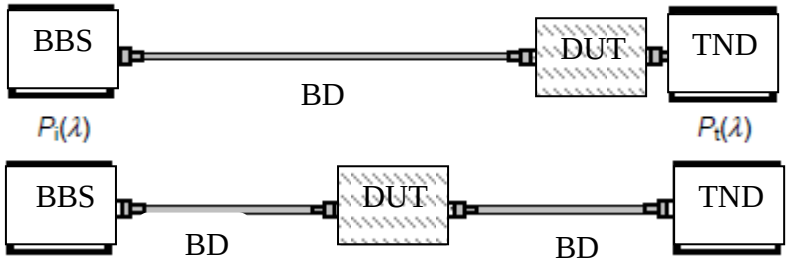
۶-۱-۱ فقط تضعیف

۶-۱-۱-۱ اندازه‌گیری مرجع

BBS را طبق شکل ۲ الف به TND وصل کنید. بسته به آن که پیکربندی DUT چه باشداتصال می‌تواند مستقیم یا همراه با وفق‌دهنده باشد. در صورت امکان بهتر است اتصال مستقیم ترجیح داده شود زیرا عدم قطعیت کم‌تری دارد.
طبق شکل ۲ الف ترازهای توان خروجی نوری (λf_t^{ref} p_t^{ref}) را در گستره‌ی طول‌موج اندازه‌گیری و ثبت کنید.



شکل ۲ الف-اندازه‌گیری مرجع تضعیف



شکل ۲ ب-اندازه‌گیری تضعیف

شکل ۲-روش الف-اندازه‌گیری فقط تضعیف

۶-۱-۱-۲ اندازه‌گیری تضعیف

طبق شکل ۲ ب DUT را نصب کنید و ترازهای توان خروجی نوری $p(\lambda)p_t$ را در گستره‌ی طول‌موج اندازه‌گیری و ثبت کنید.

A (λ) را به صورت زیر محاسبه کنید:

$$A(\lambda) = -10 \times \left[log \frac{p_{t\,(\lambda)}}{p_{i\,(\lambda)}} - log \frac{p_t^{ref}}{p_{i\,(\lambda)}} \right] [dB]$$

۶-۱-۱-۳ اندازه‌گیری دوسویه

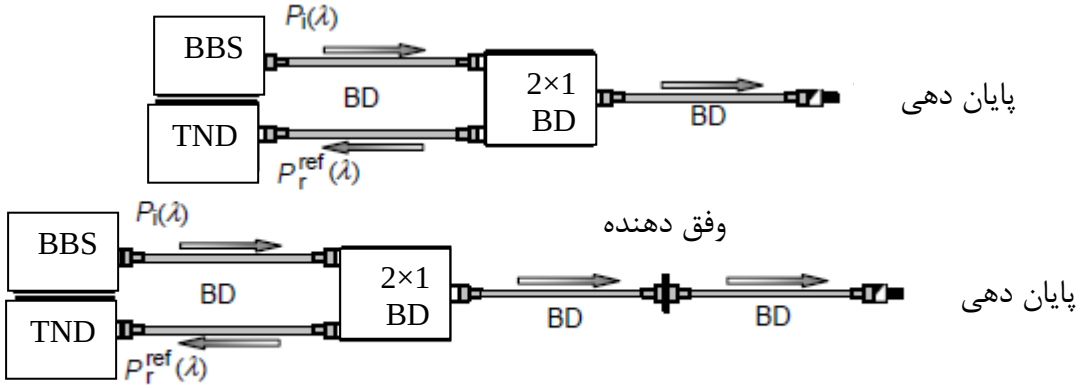
برای انجام اندازه‌گیری دو سویه DUT را برعکس کنید و اندازه‌گیری‌های انجام گرفته در دو سو را بهتر است میانگین‌گیری کرد. وقتی افزاره به عمد غیر دوسویه باشد نیازی به میانگین‌گیری نیست.

۶-۱-۲ فقط اتلاف برگشتی

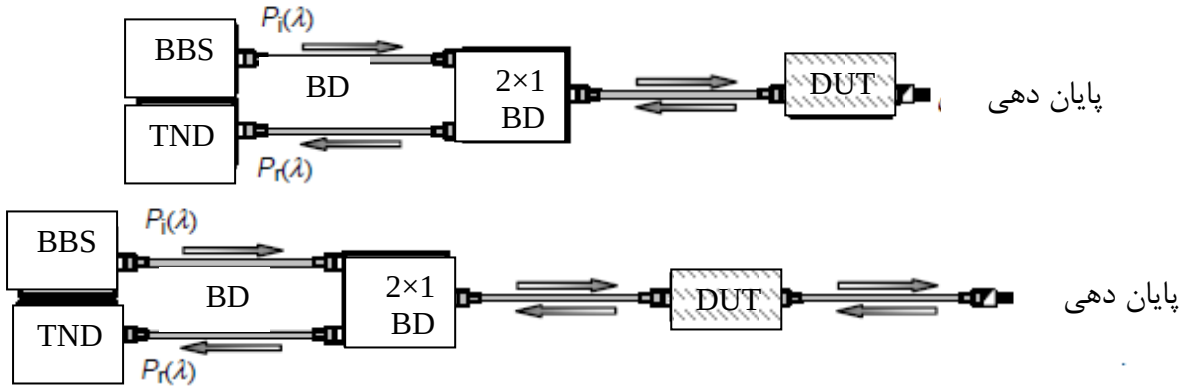
۶-۱-۲-۱ اندازه‌گیری مرجع

طبق شکل ۳الف BBS و NBD را به BD 1× 2 وصل کنید. بسته به آن که پیکربندی DUT چه باشد اتصال می‌تواند مستقیم یا همراه با وفق‌دهنده باشد. در صورت امکان بهتر است اتصال مستقیم ترجیح داده شود زیرا عدم قطعیت کم‌تری دارد.طبق شکل ۳ الف تک انشعاب خروجیBD 1× 2 را پایان‌دهی کنید.

طبق شکل ۳ الف ترازهای توان خروجی نوری $p_r^{ref}(\lambda)$ را در گستره‌ی طول موج اندازه‌گیری و ثبت کنید.



شکل ۳ الف-اندازه‌گیری مرجع اتلاف برگشتی



شکل ۳ب-اندازه‌گیری اتلاف برگشتی

شکل ۳-روش الف-اندازه‌گیری فقط اتلاف برگشتی

۶-۱-۲-۲ اندازه‌گیری اتلاف برگشتی

طبق شکل ۳ ب DUT را نصب کنید و ترازهای توان خروجی نوری $p_r(\lambda)$ را در گستره‌ی طول‌موج اندازه‌گیری و ثبت کنید.

RL (λ) را به‌صورت زیر محاسبه کنید:

$$RL(\lambda) = -10 \times \left[log \frac{p_{r\,(\lambda)}}{p_{i\,(\lambda)}} - log \frac{p_r^{ref}}{p_{i\,(\lambda)}} \right] [dB]$$

۶-۱-۲-۳ اندازه‌گیری دوسویه

برای انجام اندازه‌گیری دو سویه DUT را برعکس کنید و اندازه‌گیری‌های انجام گرفته در دو سو را بهتر است میانگین‌گیری کرد. وقتی افزاره به عمد غیر دوسویه باشد نیازی به میانگین‌گیری نیست.

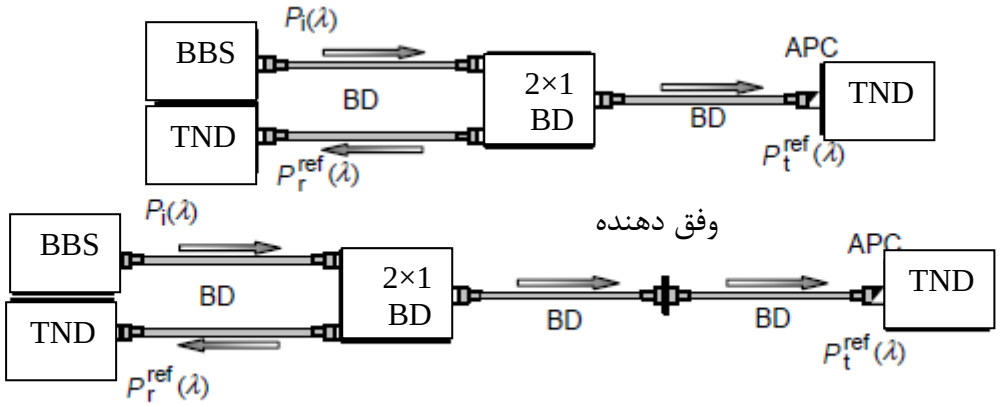
۶-۱-۳ تضعیف و اتلاف برگشتی

۶-۱-۳-۱ اندازه‌گیری مرجع

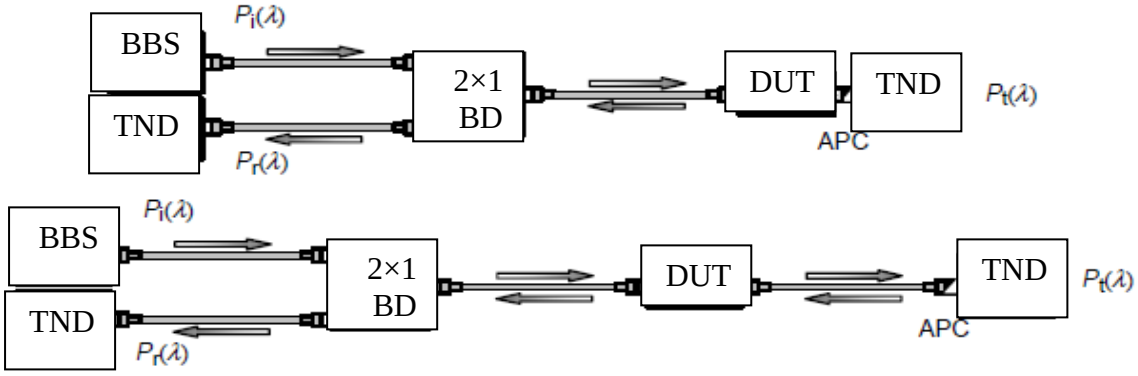
طبق شکل ۴الف BBS و دو NBD را به BD 1× 2 وصل کنید. بسته به آن که پیکربندی DUT چه باشد اتصال می‌تواند مستقیم یا همراه با وفق‌دهنده باشد. در صورت امکان بهتر است اتصال مستقیم ترجیح داده شود زیرا عدم قطعیت کم‌تری دارد.

طبق شکل ۴ الف از اتصال‌دهنده‌ی APC و NBD دوم در کنار تک انشعاب خروجی BD 1× 2 استفاده کنید.

طبق شکل ۴ الف ترازهای توان خروجی نوری$p_r^{ref}(\lambda)$ و $p_t^{ref}(\lambda)$ را در گستره‌ی طول‌موج اندازه‌گیری و ثبت کنید.



شکل ۴ الف اندازه‌گیری مرجع تضعیف و اتلاف برگشتی



شکل ۴ ب اندازه‌گیری تضعیف و اتلاف برگشتی

شکل ۴ – روش الف- اندازه‌گیری تضعیف و اتلاف برگشتی

۶-۱-۳-۲ اندازه‌گیری تضعیف و اتلاف برگشتی

طبق شکل ۴ ب DUT را نصب کنید و ترازهای توان خروجی نوری pr (λ) و p_t (λ) را در گستره‌ی طول‌موج اندازه‌گیری و ثبت کنید.

A (λ) و RL (λ) را طبق معادله‌های ۳ و ۴ محاسبه کنید.

۶-۱-۳-۳ اندازه‌گیری دوسویه

برای انجام اندازه‌گیری دو سویه DUT را برعکس کنید و اندازه‌گیری‌های انجام گرفته در دو سو را بهتر است میانگین‌گیری کرد. وقتی افزاره به عمد غیر دوسویه باشد نیازی به میانگین‌گیری نیست.

۶-۲ روش ب- منبع نور باندباریک میزان‌پذیر

در تمام موارد، وقتی از روش ب استفاده شده باشد TLS باید واقطبیده شود تا نتیجه‌ای به‌دست آید که ناشی از میانگین تمام SOPها باشد نه فقط SOP ناشناخته یا غیر قابل اعمال از خود TLS و بدون واقطبش.

روش ب را می‌توان در شماری از پیکربندی‌های مختلف به‌کاربرد (به جدول ۱- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون رجوع شود) مثل:

- روش ب-۱- TLS با BBD
- روش ب-۱-۱- TLS گام به گام و BBD که در آن اندازه‌گیری هر بار در یک طول‌موج از گستره‌ی طول‌موج انجام می‌شود.
- روش ب-۱-۲- TLS سریع و BBD که در آن اندازه‌گیری به طور پیوسته در گستره‌ی طول‌موج انجام می‌شود.
- روش ب-۲- TLS وTND
- روش ب-۱-۲- TLS گام به گام و TND که در آن اندازه‌گیری هر بار در یک طول‌موج از گستره‌ی طول‌موج انجام می‌شود و TLS وTND با یکدیگر همگام هستند.
- روش ب-۲-۲- TLS منحرف شده و TND که در آن اندازه‌گیری به طور پیوسته در گستره‌ی طول‌موج انجام می‌شود و TLS وTND با یکدیگر همگام هستند.

در تمام موارد چیدمان و روش اجرایی اندازه‌گیری همانند شکل ۳ و شکل ۴ و بخش ۵-۱ است.

۶-۳ روش پ- مجموعه‌ی منابع نور باریک‌باند ثابت چندگانه

روش پ را می‌توان در دو پیکربندی مختلف به کار برد(به جدول ۱- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون رجوع شود) مثل:

- روش پ-۱- مجموعه‌ی N x NLS وBBD
- روش پ-۲- مجموعه‌ی N x NLS وTND

در تمام موارد، هر NLS باید واقطبیده شود تا نتیجه‌ای به‌دست آید که ناشی از میانگین تمامSOPها باشد نه فقطSOP ناشناخته یا غیر قابل اعمال از خود TLS و بدون واقطبش.

روش اچرایی اندازه‌گیری برای هر دو پیکربندی یک‌سان است.

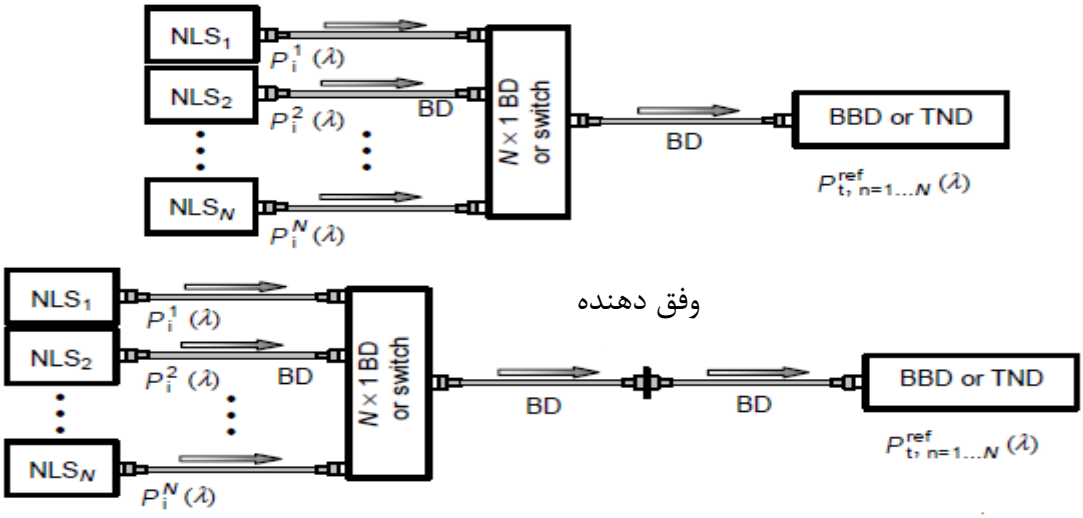
۶-۳-۱ فقط تضعیف

۶-۳-۱-۱ اندازه‌گیری مرجع

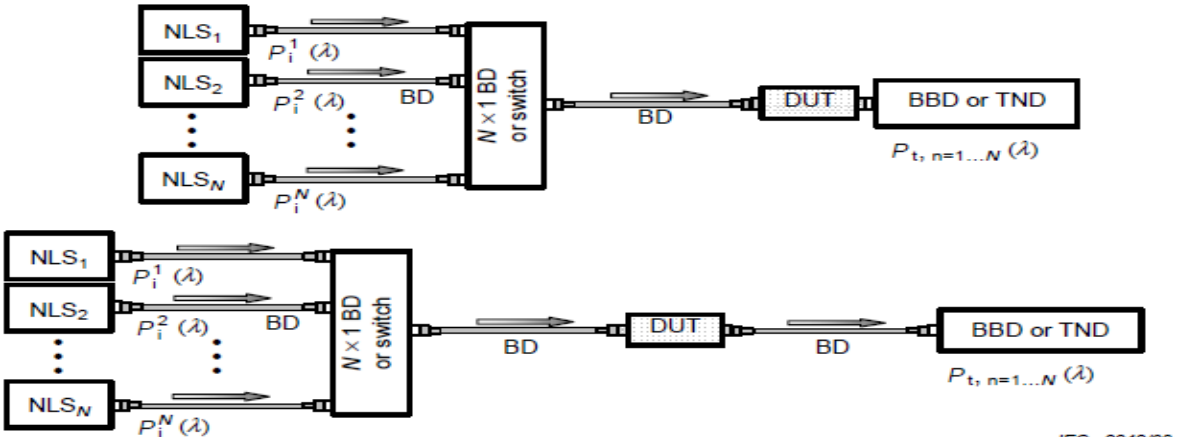
هرNLS را به N×1 BD یا سوده و به BBD یا TND طبق شکل ۵ الف وصل کنید.

بسته به آن که پیکربندی DUT چه باشد اتصال می‌تواند مستقیم یا همراه با وفق‌دهنده باشد. در صورت امکان اتصال مستقیم بهتر است ترجیح داده شود زیرا عدم قطعیت کم‌تری دارد.

طبق شکل ۵ الف ترازهای توان خروجی نوری $p_{t,n=1..N}^{ref}(\lambda)$ را در گستره‌ی طول‌موج مشخص شده برای هر NLS اندازه‌گیری و ثبت کنید.



شکل ۵ الف اندازه‌گیری مرجع تضعیف



شکل ۵ ب اندازه‌گیری تضعیف

شکل ۵-روش پ-اندازه‌گیری فقط تضعیف

۶-۳-۱-۲ اندازه‌گیری تضعیف

طبق شکل ۵ ب DUT را نصب کنید و ترازهای توان خروجی نوری $p_{t,n=1..N}(\lambda)$ را در گستره‌ی طول‌موج مشخص شده برای هر NLS اندازه‌گیری و ثبت کنید.

$A_{n=1..N}(\lambda)$ را به صورت زیر محاسبه کنید:

$$A_{n=1....N} = -10 \times \left[log \frac{p_{t\,(\lambda)}}{p_{i\,(\lambda)}} - log \frac{p_t^{ref}}{p_{i\,(\lambda)}} \right]_{n=1....N} [dB]$$

۶-۳-۱-۳ اندازه‌گیری دوسویه

برای انجام اندازه‌گیری دو سویه DUT را برعکس کنید و اندازه‌گیری‌های انجام گرفته در دو سو را بهتر است میانگین‌گیری کرد. وقتی افزاره به عمد غیر دوسویه باشد نیازی به میانگین‌گیری نیست.

۶-۳-۲ فقط اتلاف برگشتی

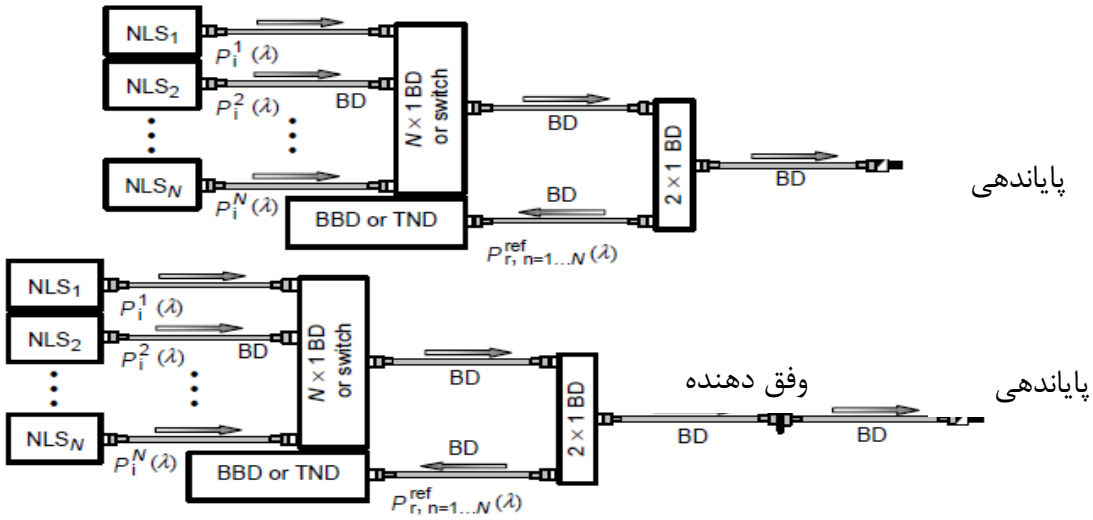
۶-۳-۲-۱ اندازه‌گیری مرجع

هر NLS را به N×1 BD یا سوده طبق شکل ۶ الف وصل کنید.

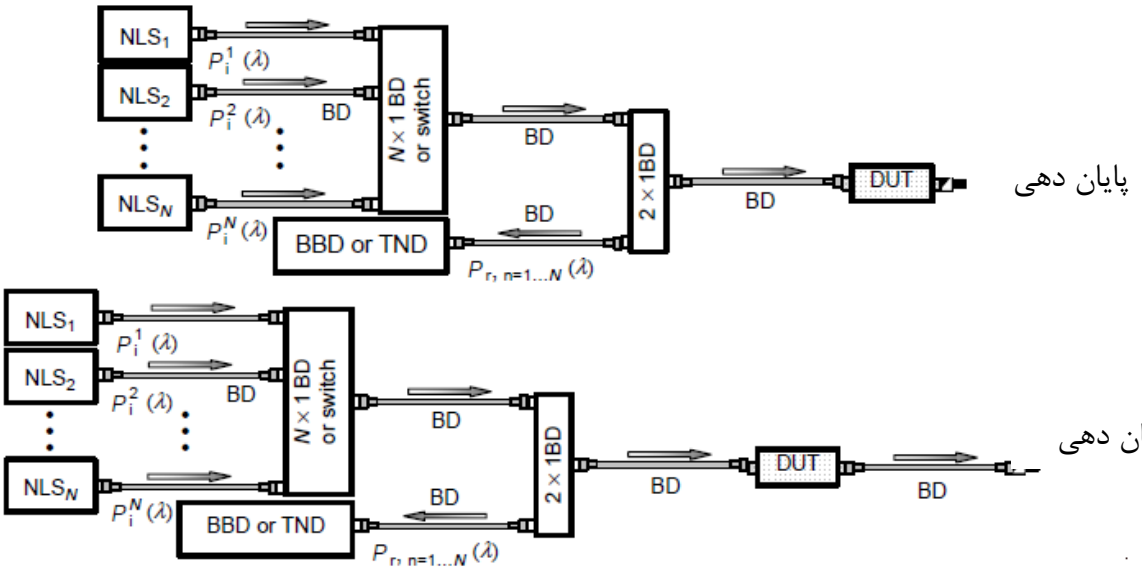
همان طور که در شکل ۶ الف نشان داده شده N×1BD یا سوده و BBD یا TND را به 2×1 BD وصل کرده و 2×1BD را پایان‌دهی کنید.

بسته به آن که پیکربندی DUT چه باشد طبق شکل ۶ الف پایان‌دهی می‌تواند مستقیم یا همراه با وفق‌دهنده باشد. در صورت امکان اتصال مستقیم باید ترجیح داده شود زیرا عدم قطعیت کم‌تری دارد.

طبق شکل ۶ الف ترازهای توان خروجی نوری $p_{r,n=1..N}^{ref}(\lambda)$ را در گستره‌ی طول‌موج مشخص شده اندازه‌گیری و ثبت کنید.



شکل ۶ الف- اندازه‌گیری مرجع اتلاف برگشتی



شکل ۶ ب- اندازه‌گیری اتلاف برگشتی

شکل ۶- روش پ- اندازه‌گیری فقط اتلاف برگشتی

۶-۳-۲-۲ اندازه‌گیری تضعیف برگشتی

طبق شکل ۶ ب DUT را نصب کنید و ترازهای توان خروجی نوری $p_{r,n=1\times N}(\lambda)$ را در گستره‌ی طول‌موج مشخص شده اندازه‌گیری و ثبت کنید.

$RL(\lambda)$ را به صورت زیر محاسبه کنید:

$$RL_{n=1....N}(\lambda) = -10 \times \left[log \frac{p_{t\,(\lambda)}}{p_{i\,(\lambda)}} - log \frac{p_t^{ref}}{p_{i\,(\lambda)}} \right]_{n=1....N} [dB]$$

۶-۳-۲-۳ اندازه‌گیری دوسویه

برای انجام اندازه‌گیری دو سویه DUT را برعکس کنید و اندازه‌گیری‌های انجام گرفته در دو سو را بهتر است میانگین‌گیری کرد. وقتی افزاره به عمد غیر دوسویه باشد نیازی به میانگین‌گیری نیست.

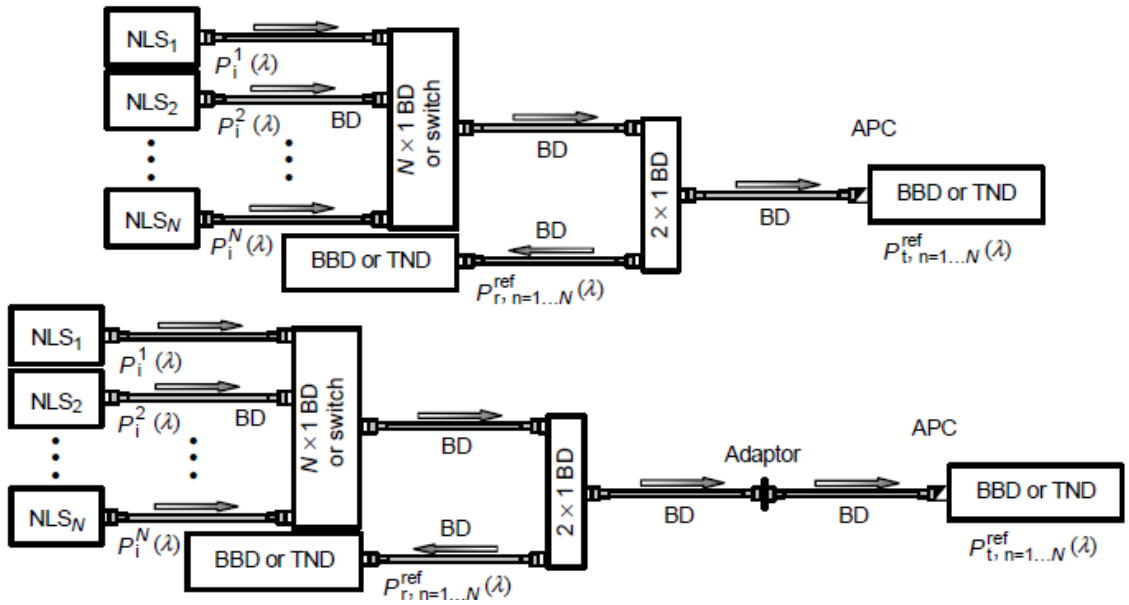
۶-۳-۳ تضعیف و اتلاف برگشتی

۶-۳-۳-۱ اندازه‌گیری مرجع

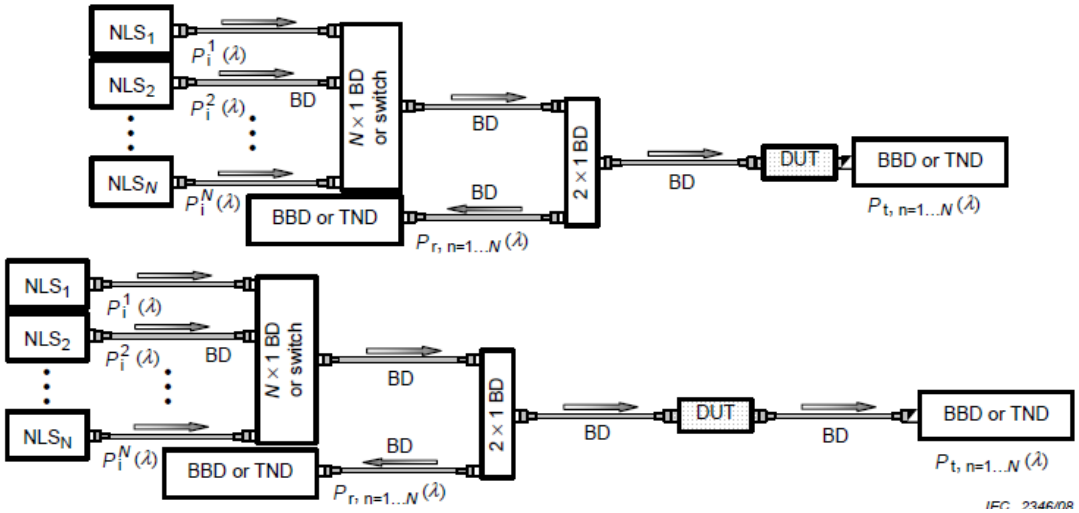
همانطور که درشکل ۷ الف نشان داده شده N×1BD یا سوده و BBD یا TND را به 2×1BD وصل کنید.

بسته به آن که پیکربندی DUT چه باشد طبق شکل ۷ الف اتصال می‌تواند مستقیم یا همراه با وفق‌دهنده باشد. در صورت امکان اتصال مستقیم بهتر است ترجیح داده شود زیرا عدم قطعیت کم‌تری دارد.

همانطور که در شکل ۷ الف نشان داده شده از به کارگیری اتصال دهنده‌ی APC برای BBD یا TND دوم در کنار تک انشعاب خروجی 2×1 BD اطمینان حاصل کنید.



شکل -۷ الف: اندازه‌گیری مرجع تضعیف و اتلاف برگشتی



شکل ۷ب اندازه‌گیری مرجع تضعیف و اتلاف برگشتی

شکل ۷- روش پ-اندازه‌گیری تضعیف و اتلاف برگشتی

طبق شکل ۷ الف ترازهای توان خروجی نوری $p_{r,n=1..N}(\lambda)$ و $p_{t,n=1..N}(\lambda)$ را در گستره‌ی طول‌موج اندازه‌گیری و ثبت کنید.

$A_{n=1..N}(\lambda)$ و $RL_{n=1..N}(\lambda)$ را به ترتیب طبق معادله‌های ۵ و۶ محاسبه کنید.

۶-۳-۳-۲ اندازه‌گیری دوسویه

برای انجام اندازه‌گیری دو سویه DUT را برعکس کنید و بهتر است اندازه‌گیری‌های انجام گرفته در دو سو را میانگین‌گیری کرد. وقتی افزاره به عمد غیر دوسویه باشد نیازی به میانگین‌گیری نیست.

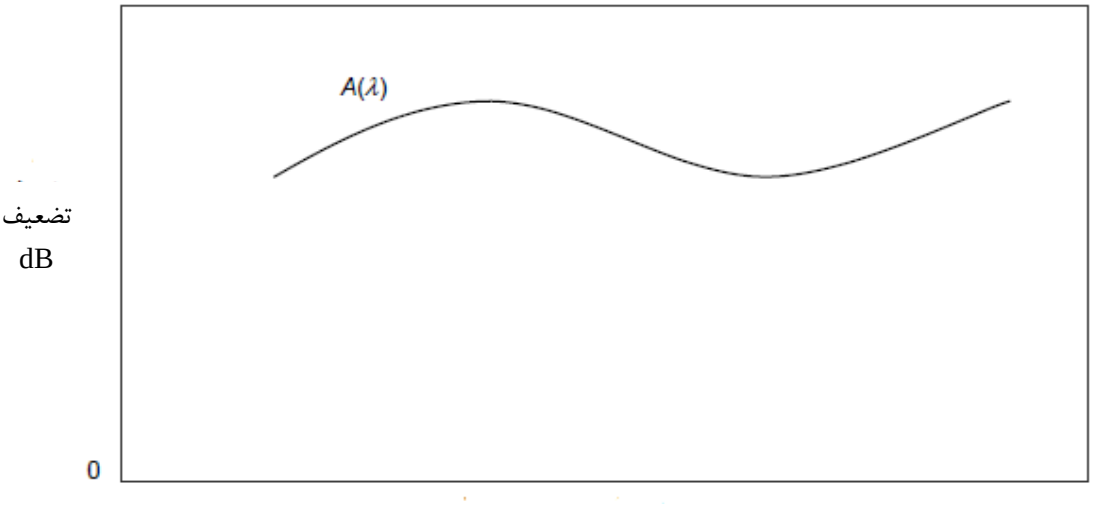
۶-۴ نتایج آزمون

مثال‌هایی از نتایج آزمون درجدول ۲ و شکل ۸ ارایه شده است.

جدول ۲- تضعیف و اتلاف برگشتی وابسته به طول‌موج

طول‌موج(nm)	تضعیف(dB)	اتلاف برگشتی(dB)
λ_1	$A(\lambda_1)$	$RL(\lambda_1)$
λ_2	$A(\lambda_2)$	$RL(\lambda_2)$
λ_3	$A(\lambda_3)$	$RL(\lambda_3)$
.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.
λ_n	$A(\lambda_n)$	$RL(\lambda_n)$

برای هر جهت انتقال یا هر درگاه خروجی، در صورت امکان نمودار جداگانه یا همپوش وجود خواهد داشت.



شکل ۸- تضعیف وابسته به طول‌موج

۷ جزییاتی که باید مشخص شود

جزییاتی که باید برای تمام اجزای چیدمان اندازه‌گیری فراهم باشد در زیربندهای پایین آمده است.

۷-۱ منبع

جزییاتی که باید برای منابع مختلف مورد استفاده در چیدمان اندازه‌گیری فراهم باشد در زیربندهای پایین تشریح شده است.

۷-۱-۱ منبع پهن‌باند

- چگالی توان طیفی
- پایداری توان کل
- پهنای باند طول‌موج
- نوع اتصال نوری

۷-۱-۲ منبع نور باندباریک قابل تنظیم

- خروجی توان
- پایداری توان
- درستی طول‌موج
- گستره‌ی طول‌موج
- پهنای طیفی
- نوع اتصال نوری

۷-۱-۳ واقطبنده

- اتلاف بیشینه

- PDL بیشینه
- DOP قابل حصول کمینه
- بیشینه‌ی وابستگی طول‌موج بهDOP

۷-۲ سامانه‌ی آشکارسازی

۷-۲-۱ توان‌سنج نوری

- درستی توان
- گستره‌ی پویا
- خطی‌بودن توان
- پایداری توان
- حساسیت قطبش
- RL(λ) ذاتی
- نوع اتصال نوری

۷-۲-۲ تحلیل‌گر طیف نوری

- گستره‌ی طول‌موج
- درستی طول‌موج
- RBW
- دفعات میانگین‌گیری
- گستره‌ی پویا
- خطی‌بودن توان
- پایداری توان
- حساسیت قطبش
- RL(λ) ذاتی
- نوع اتصال نوری

۷-۳ افزاره‌ی انشعاب‌دهی مرجع

- نسبت شکافت توان
- هدایت‌گری
- PDL
- RL(λ) ذاتی

۷-۴ پایان‌دهی

- انواع پایان‌دهی
- کمینه RL

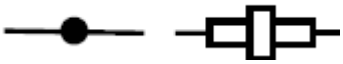
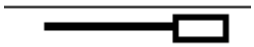
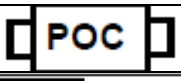
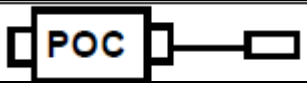
پیوست الف

(اطلاعاتی)

پیکربندی‌های افزاره‌ی تحت آزمون، پایان‌دهی‌ها و انواع محصول

پیکربندی‌ها و پایان‌دهی‌های ممکن در جدول الف -۱ آماده است.

جدول الف-۱ پیکربندی‌ها/پایان‌دهی‌های افزاره‌ی تحت آزمون

نوع	توضیح	DUT
۱	فیبر به فیبر(POC)	
۲	فیبر به فیبر(متصل به هم یا مجموعه اتصال‌دهنده‌قابل نصب در میدان)	
۳	فیبر به دو شاخه	
۴	فیش به فیش (POC)	
۵	فیش به فیش (سیم‌وصله)	
۶	تک فیش (سرسیم بافته)	
۷	سرپیچ به سرپیچ (POC)	
۸	سرپیچ به فیش (POC)	

انواع محصولات ممکن در جدول الف- ۲ آمده است.

جدول الف-۲ انواع ممکن اجزای نوری غیرفعال(POC)

نوع POC	محبوب‌ترین کاربرد	تعداد درگاه	توضیح
سیم‌وصله	کلی	۲	$A(\lambda)$و$RL(\lambda)$ اساً توسط اتصال‌دهنده‌ها تعریف می‌شوند.
تزویج‌گر	کلی	1×N	اندازه‌گیری دوسویه بسیار مهم است
تزویج‌گر WDMپهن	PON	1×2	ترکیب سیگنال فراسوی 1310 nm و سیگنال فروسوی 1490 nmرا با سیگنال فروسوی ویدیوی آنالوگ تزویج کنید

ادامه جدول الف- ۲

سیگنال فراسوی 1310 nm را با سیگنال فروسوی 1490 nmتزویج کنید			
حفاظت شبکه	2×N		
اندازه‌گیری دوسویه بسیار مهم است			
BPON,N≤32 GPON,N≤128 EPON,N≤16 یا با FEC تا۳۲	1×N	PON	باریکه شکاف
اندازه‌گیری دوسویه بسیار مهم است			
	1×N N ×1	شبکهCWDM	همتافتگر/واتافتگرCWDM
می‌تواند واپایش دما داشته باشد	1×1	پالایه‌ی هموارساز بهره‌ی EDFA	FBG
FBGسوت‌زنی ،می‌تواند واپایش دما داشته باشد	1×1	جبران‌ساز پاشیدگی	

پیوست ب

(اطلاعاتی)

ویژگی‌های منبع نور نوعی

ویژگی‌های اصلی منابع مختلف نور مورد استفاده در این روش‌های آزمون در این پیوست شرح داده شده است.

ب-۱ منبع نور پهن‌باند

ویژگی‌های اصلی BBS مورد استفاده در روش الف در جدول ب.۱ شرح داده شده است.

جدول ب.۱- انواع منبع نور پهن‌باند (BBS) و ویژگی‌های اصلی آن

نوع	سایر اسامی	ویژگی‌های اصلی			
		پهنای طیفی nm	توان نوری		
			چگالی توان طیفی dBm/nm	یکنواختی/همواری dB	کل dBm
منبع نور سفید	انواع مختلف لامپ‌های شناخته شده	خیلی پهن(از فرابنفش سخت تا فروسرخ دور)	خیلی کم	ندارد	در تراز چندW
LED	لبه‌گسیل سطح‌گسیل	پهن(بزرگ‌تر از ۱۰۰، 3dB-)	کم	شبه‌گوسی	۳- تا ۰
مافوق LED	فوق‌رخشا SLED	نسبتاً پهن (بزرگ‌تر از ۱۰، - 3dB)	کم ولی بهتر از LED	به طور نسبی	۳+تا۵+
منبع ASE	ASEگسیل شده توسط EDFA	باندC(باندL+ ممکن است)	۴-،زیاد	بله، درصورت بهره‌ی هموارسازی شده /۲	بهره‌ی هموارسازی/۱۲+ بهره‌ی هموارسازی/۱۴+

ب-۲ منبع نور قابل تنظیم

ویژگی‌های اصلی TLS مورد استفاده در روش ب برای انواع طرح‌های لیزر در جدول ب.۲ آمده است.

جدول ب-۲ انواع منبع نور قابل تنظیم(TLS) و ویژگی‌های اصلی آن

	پارامترها			نوع لیزر میزان‌پذیر		
				ECL	EDFL	DFB
طول موج	باندها			ITU-T	C+L	C+L
	گستره‌ی میزان‌سازی(nm)	معمولی		-۱۴۰ ۱۰۰		±1.1/ΔT=20^{0}C±0.01^{0}C
		بیشینه		۴۰۰		گرم‌کننده‌های تراشه/±۲ TEC دوطبقه/±۴
	عدم‌قطعیت(pm)	مطلق		±۲,۵	±۱۵	±۱۰
		نسبی	معمولی	±۲	±۲,۵	فاقد داده
			بیشینه	±۱۰		
	توان تفکیک(pm)	تنظیم	معمولی	۱	۱	۱۰
			بیشینه	۱۰		
	تکرارپذیری(pm)		معمولی	±۲,۵-۵	±۲,۵	±۱۰
			بیشینه	±۱۰۰		
	پایداری(pm/h)		معمولی	±1	±5	±۲
			بیشینه	±۱۰۰		
	پهنای خط(مگاهرتز)		W/O CC	0.1	1000-1300	0.1
			W CC	50-100	-	50-100
توان	خروجی(dBm)		بیشینه	+۶	+۳	+۱۳
	پایداری(pm/h)			±۰,۰۲	±۰,۰۱	±۰,۰۰۵

ادامه جدول ب-۲

	تکرارپذیری(pm)	۱۰ آزمون		±۰,۰۳	±۰,۰۱۵	فاقد داده
نوفه	سیگنال به اس‌اس‌بی(dB)	±1 از قله در ۰,۱ نانون متر RBW	معمولی	۵۵	۸۰-۷۵	فاقد داده
			بیشینه	۷۰		
	سیگنال به کل اس‌اس‌بی(dB)			۶۰-۵۰	۵۰	فاقد داده
	اس‌ام‌اس‌آر(dB)			۴۵	۷۰-۶۰	۴۰
طول همدوسی(m)				بزرگ‌تر از ۱۰۰۰	۰,۳	۱۰