INSO

21524

1st.Edition

2017

Identical with

ETSI ETR

126: 1994

جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران

۲۱۵۲۴

چاپ اول

۱۳۹۵

انتقال و همتافتگری (TM)؛ کاربردهای تقویت‌کننده‌های تار نوری در شبکه‌های دسترسی نوری و مسافت طولانی

Transmission and Multiplexing (TM); Applications of optical fibre amplifiers in long distance and optical access networks

ICS :33.080

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.org.ir

وبگاه: http://www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.1294 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.org.ir

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

به‌نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه 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.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف درکمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود 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 واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیر دولتی 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، به‌عنوان 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 درکمیتهٔ ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به‌عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که براساس 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 اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به‌عنوان 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 به‌منظور 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 صدورگواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان استاندارد ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را براساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و درصورت 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 Electro technical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrology Legal)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«انتقال و همتافتگری (TM)؛ کاربردهای تقویت‌کننده‌های تار نوری در شبکه‌های دسترسی نوری و مسافت طولانی»

رئیس:	**سمت و / یا محل اشتغال:**
صادقیان، حسین (کارشناسی الکترونیک)	مدیرکل استاندارد و تایید نمونه- سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی
دبیر:	
کلیشادی، احمدرضا (کارشناسی الکترونیک)	معاون تجهیزات فناوری اطلاعات و الکترونیک - مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اسماعیلی، سحر (کارشناسی ارشد فتونیک)	مسئول فیزیک بهداشت- مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک
پوراکبر، علی (کارشناسی ارشد فیزیک)	سرپرست آزمایشگاه لیزر- مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک
جاهدی‌فر، سمانه (کارشناسی الکترونیک)	کارشناس - سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی
راشد محصل، جلیل (دکتری مخابرات میدان)	عضو هیات علمی- دانشگاه تهران
زندباف، عباس (کارشناسی مخابرات)	کارشناس - شرکت ارتباطات زیرساخت
سراجی، فرامرز (دکتری مخابرات)	عضو هیات علمی- پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات (مرکز تحقیقات مخابرات ایران)
سید موسوی، سیدحسن (دکتری مخابرات)	مشاور مدیرعامل- ارتباطات سیار ایران (همراه اول)
عروجی، سید مهدی (کارشناسی ارشد مدیریت فناوری اطلاعات)	سرپرست گروه تدوین استاندارد- سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و / یا محل اشتغال:**
محسن‌زاده، علی اکبر (کارشناسی ارشد مخابرات)	کارشناس- صنعت مخابرات ایران
محمودی، مسعود (کارشناسی فیزیک)	کارشناس آزمایشگاه مخابرات نوری- دانشگاه شهید بهشتی
ملکی، حمیده (کارشناس ارشد مهندسی فتونیک)	کارشناس مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک
یگانه، حسن (کارشناسی ارشد مخابرات)	مدیر گروه ارتباطات ثابت- پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات (مرکز تحقیقات مخابرات ایران)
ویراستار	
تورانی، فرزام (کارشناسی ارشد مدیریت فناوری اطلاعات)	کارشناس- شرکت خدمات انفورماتیک

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار ز
مقدمه ح
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ کوته‌نوشت‌ها ۲
۴ طبقه‌بندی OFA ۲
۴-۱ انواع OFAها ۲
۴-۲ تقویت‌کننده توان ۴
۴-۳ تقویت‌کننده خطی ۵
۴-۴ پیش‌تقویت‌کننده ۵
۵ جنبه‌های سامانه ۶
۶ کاربردهای OFAها در شبکه‌های عمومی ارتباط راه‌دور ۷
۶-۱ کلیات ۷
۶-۲ کاربرد OFAها در شبکه‌های مسافت طولانی ۶
۶-۳ کاربرد OFAها و OANها ۹
۷ ملاحظات ایمنی لیزر ۱۰

پیش‌گفتار

استاندارد «همتافتگری و انتقال (TM)؛ کاربردهای تقویت‌کننده‌های تار نوری در مسافت طولانی و شبکه‌های دسترسی نوری و مسافت طولانی» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربـوط بر مبنای پذیرش استانداردهای منطقه‌ای به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی شماره ۵ تهیه و تدوین شده، در دویست و سی و دومین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد مخابرات مورخ ۹۵/۱۱/۱۰ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ 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 خواهند 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، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی برمبنای پذیرش استاندارد منطقه‌ای زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد منطقه‌ای مزبور است.

ETSI ETR 126: 1994, Transmission and Multiplexing (TM); Applications of optical fibre amplifiers in long distance and optical access networks

مقدمه

پیش‌نویس این استاندارد در کمیسیون‌های فنی و نهایی مربـوط، توسـط سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی و مرکز تحقیقات صنایع انفورماتیک، تهیه و تدوین شده است.

انتقال و همتافتگری (TM)؛ کاربردهای تقویت‌کننده‌های تار نوری در شبکه‌های دسترسی نوری و مسافت طولانی

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین و توصیف موارد کاربردهای ممکن برای تقویت‌کننده‌های تار نوری (OFها)[1] در هر دو شبکه دسترسی نوری (OANها)[2] و مسافت طولانی است. همچنین تأثیر کاربرد OFAها در هر دو سامانه نصب شده و سامانه‌های در حال توسعه بررسی می‌شود.

توصیفات ارائه شده در این استاندارد تا حد ممکن کلی هستند تا امکان استقرار OFAها در هر دو ناحیه با طول موج‌های ۱ ۵۵۰ nm و ۱ ۳۱۰ nm فراهم شود.

به‌دلیل فناوری رایج قابل دسترس از نظر تجاری، این استاندارد روی OFAهایی تأکید دارد که از تارهای تغلیظ شده[3] با عناصر خاکی کمیاب[4] به‌عنوان رسانه فعال عملیاتی در منطقه‌ای با طول موج ۱ ۵۵۰ nm استفاده می‌کنند.

۲ مراجع الزامی

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

درصورتی 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 الزام آور است.

2-1 ITU-T Recommendation G.661 (1993): "Definition and test methods for the relevant generic parameters of optical fibre amplifiers".

2-2 ITU-T Recommendation G.652 (1993): "Characteristics of a single-mode optical fibre cable".

2-3 ITU-T Recommendation G.653 (1993): "Characteristics of a dispersion-shifted single-mode optical fibre cable".

1- Optical Fiber Amplifier
2- Optical access network
3- doped
4- rare-earth

2-4 EN 60825: "Radiation safety of laser products, equipment classification, requirements and user's guide".

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱: سال ۱۳۹۳، ایمنی محصولات لیزری- قسمت ۱: طبقه‌بندی و الزامات تجهیزات، با استفاده از استاندارد IEC 60825-1، تدوین شده است.

2-5 IEC-825: "Radiation safety of laser products, equipment classification, requirements and user's guide".

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۰۱: سال ۱۳۹۳، ایمنی محصولات لیزری- قسمت ۱: طبقه‌بندی والزامات تجهیزات، با استفاده از استاندارد IEC 60825-1، تدوین شده است

۳ کوته‌نوشت‌ها

در این استاندارد، کوته‌نوشت‌های زیر به‌کار می‌روند:

AM	Amplitude Modulated	دامنه مدوله‌شده
ASE	Amplified Spontaneous Emission	گسیل تقویت‌شده خودبخودی
CATV	Cable Television	تلویزیون کابلی
CW	Continuous Wave	موج پیوسته
LOS	Loss of Optical input Signal	از دست دادن نشانک ورودی نوری
OAM	Operation And Maintenance	عملیات و نگهداری
OAN	Optical Access Network	شبکه دسترسی نوری
OAR	Optically Amplified Receiver	گیرنده تقویت‌شده نوری
OAT	Optically Amplified Transmitter	فرستنده تقویت‌شده نوری
OFA	Optical Fiber Amplifier	تقویت‌کننده تار نوری
ONU	Optical Network Unit (customer side)	واحد شبکه نوری (سمت مشترک)
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy	سلسله مراتب رقمی شبه همزمان
SBS	Stimulated Brillouin Scattering	پراکندگی بریلوین برانگیخته
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	سلسله مراتب رقمی همزمان
STM	Synchronous Transport Module	پودمان انتقال همزمان
WDM	Wavelength Division Multiplexing	همتافتگری با تقسیم‌بندی طول‌موج

۴ طبقه‌بندی OFA

۴-۱ انواع OFAها

رده‌های OFAهای زیر در این استاندارد مورد ملاحظه قرار می‌گیرند:

الف- تقویت‌کننده‌های با توان‌افزا[1]، پسین[2] یا توان[3]؛

ب- تقویت‌کننده خطی[4]؛

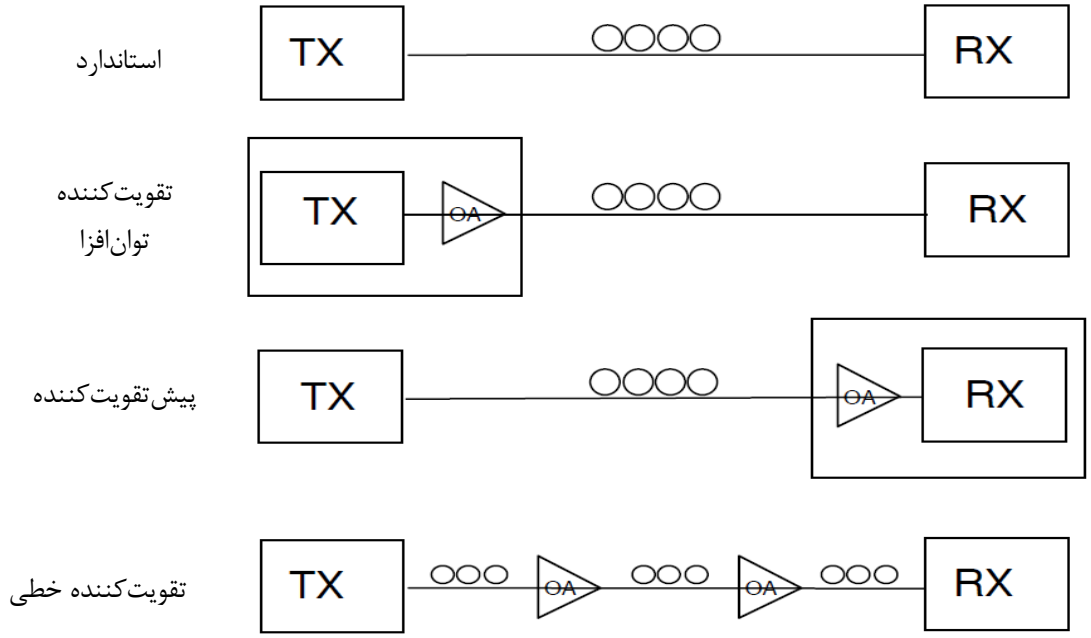
پ- پیش تقویت‌کننده[5].

بررسی اجمالی این سه ردهٔ مورد ملاحظه در شکل ۱ آورده شده است.

این استاندارد تنها به بررسی OFAهای گسسته می‌پردازد، در حالی‌که تقویت‌کننده‌های معروف به تقویت‌کننده‌های توزیعی (تارهای انتقالی با ناخالصی کم به وسیله دمش از دور در انتهای پایانه) در هدف و دامنه کاربرد این استاندارد نمی‌باشد. به‌علاوه، در اینجا تنها عملیات تک‌جهتی OFA ها فرض می‌شوند.

علاوه بر استقرار مجزای سه گزینه بالا، ترکیبات متعددی امکان‌پذیرند، به‌طور مثال، توان و پیش‌تقویت‌کننده یا توان، پیش‌تقویت‌کننده و تقویت‌کننده خطی.

1- booster amplifier
2- post amplifier
3- power amplifier
4- line amplifier
5- pre-amplifier

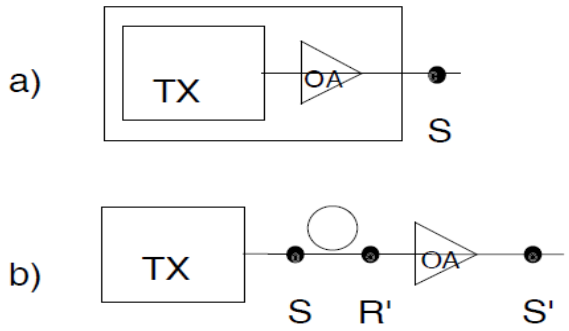


شکل ۱- بررسی اجمالی رده‌های OFA

۲-۴ تقویت‌کننده توان

تقویت‌کننده توان، تقویت‌کننده پسین، یا تقویت‌کننده توان‌افزا یک OFA یکپارچه شده با، یا جای‌گذاری شده در، خط نوری بلافاصله پس از یک فرستنده لیزری است، جایی‌که اولین گزینه به یک فرستنده تقویت‌شده به‌صورت نوری (OAT)[1] می‌انجامد و دومین گزینه به‌صورت توصیف شده در توصیه‌نامه بخش استانداردسازی اتحادیه بین‌المللی مخابرات ITU-T G.661[1] تقویت‌کننده توان نوری یکپارچه نشده‌ای را به‌وجود می‌آورد (به شکل ۲ مراجعه کنید). در مورد دوم، کارکردهای OAM می‌توانند با فرستنده نوری به اشتراک گذاشته شوند یا نشوند. این OFA که به احتمال بسیار در حالت اشباع‌شده عمل می‌کند، توان خروجی نوری منابع لیزری قابل دسترس از نظر تجاری را به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد. به‌علاوه، این رده OFA به الزامات سختی برای پالایش نوری و نوفه‌ای نیاز ندارد. به‌دلیل سطح نسبتا بالای توان خروجی OFA، معمولا نوفه گسیل همزمان تقویت‌شده (ASE)[2] نامطلوب که به‌طور ذاتی در نتیجه فرآیند آماری تولید فوتون در داخل OFA به وجود می‌آید، نادیده گرفته می‌شود.

1- Optically Amplified Transmitter
2- Amplified Spontaneous Emission



شکل ۲- طرح تقویت‌کننده توان نوری به‌صورت الف- OAT و ب- OFA یکپارچه نشده

۴-۳ تقویت‌کننده خطی

تقویت‌کننده خطی یک OFA نوفه پایین است که بین دو بخش تار غیرفعال جای‌گذاری می‌شود تا اتلاف‌های تضعیف[۱] در بخش‌های دور برد[۲] تار یا اتلاف‌های شاخه‌گزینی[۳] در OANهای نقطه- به- چند نقطه[۴] جبران شود.

تقویت‌کننده خطی در صورتی‌که به درستی طراحی شود می‌تواند جایگزین قسمتی از یا تمامی مولدهای متداول در بخش‌های تار دور برد شود. با توجه به توانمندی‌های تقویت‌کننده خطی، می‌توان تصور کرد که حتی بیش از یک مولد متداول می‌تواند توسط یک تقویت‌کننده خطی مجزا، با مزیت آشکار تعداد کاهش یافته تجهیز در پیوندهای انتقال، جایگزین شود. به‌علاوه، یک موقعیت در جایی قابل‌تصور است که هر دو تقویت‌کننده خطی برای جبران تضعیف منفرد و مولدهای متداول، برای جبران اعوجاج[۵] منفرد در شبکه‌های مسافت طولانی ظاهر می‌شوند.

تقویت‌کننده خطی بهتر است دارای گستره پویای کافی باشد تا از استقرار عملی، با توجه به توصیه‌نامه‌های ITU-T موجود، اطمینان حاصل شود.

۴-۴ پیش‌تقویت‌کننده

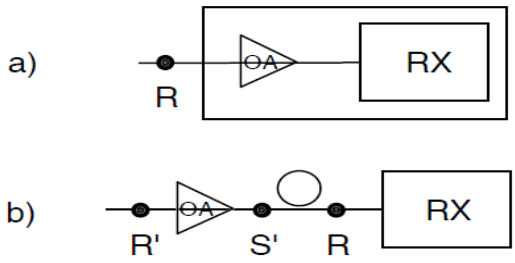
پیش‌تقویت‌کننده یک OFA نوفه بسیار پایین است که در هنگام یکپارچگی با، یا جایگذاری در مسیر نوری درست قبل از گیرنده نوری، حساسیت‌پذیری گیرنده را به‌میزان قابل ملاحظه‌ای بهبود می‌بخشد. گزینه اول گیرنده تقویت‌شده نوری (OAR) را ایجاد خواهد کرد و گزینه دوم، به صورت توصیف شده در توصیه‌نامه

1- Attenuation
2 - long-haul
3- Branching
4- Point-to-multipoint
5- distortion

G.661 [1]، به یک پیش‌تقویت‌کننده نوری یکپارچه‌نشده می‌انجامد (به شکل ۳ مراجعه کنید). در مورد دوم، کارکردهای OAM می‌توانند با گیرنده نوری و به اشتراک گذاشته شوند یا نشوند.

سطح پایین موردنیاز ASE می‌تواند با استفاده از پالایه‌های نوری باریک باند به‌دست آید. توانمندی تنظیم خودکار طول موج مرکزی پالایه پیش‌تقویت‌کننده با طول موج فرستنده از اولویت بیشتری برخوردار است تا به این ترتیب الزامات مربوط به رواداری[1] اولیه طول موج فرستنده و ثبات بلندمدت آن برآورده شوند.

بهتر است پیش‌تقویت‌کننده در ترکیب با گیرنده نوری دارای گستره پویای کافی باشد تا از استقرار عملی اطمینان حاصل شود.



شکل ۳- طرح پیش‌تقویت‌کننده نوری به صورت الف- OAR و ب- OFA یکپارچه نشده

۵ جنبه‌های سامانه

در زمینه نگهداری و نظارت، بهتر است تمایزی بین تقویت‌کننده‌های توان و پیش‌تقویت‌کننده‌ها از یک سو و تقویت‌کننده‌های خطی از سوی دیگر ایجاد شود.

در مورد پیش‌تقویت‌کننده‌ها و تقویت‌کننده‌های توان، ترجیح داده می‌شود مجراهای نگهداری OFA به مدارات نگهداری موجود در تجهیز پایانه عادی متصل شوند. این موضوع در مورد OATها و OARها کم اهمیت است. بنابراین، مجراهای خدمت اختصاصی ضروری نخواهند بود.

با این‌وجود، در مورد تقویت‌کننده‌های خطی برخورداری از مجرا ارتباطی مجزا با امکان هشدار، نظارت و واپایش تقویت‌کننده‌های خطی نصب شده در مکان دور الزامی است. بهتر است چنین مجرا نظارتی به‌صورتی پیاده شود که هیچ محدودیتی در انتخاب‌های طول موج‌های لیزر دمشی یا پنجره طول موج عملیاتی وجود نداشته باشد. یک امکان فرانهادن مجرا مدوله شده دامنه بسامد پایین (AM) بر نشانک منظم است، اما این امر مطمئنا روی طرح‌های فرستنده (موجود) تأثیر خواهد گذاشت. گزینه دیگر استفاده از مجرا طول موج خاص درون یا بیرون پنجره طول موج عملیاتی OFA است.

1- tolerance

بهتر است تعداد نشانک‌های اطلاعات خطا که می‌توانند مورد ملاحظه قرار گیرند محدود شده و تنها به‌عنوان «جعبه سیاه» به OFA مرتبط شوند، به‌ویژه در موارد یکپارچه‌نشده مانند اتلاف نشانک ورودی نوری (LOS)[1]، تنزل-OFA (افزایش جریان لیزر دمشی بالای یک آستانه ثابت) و خرابی OFA (خرابی‌های مهلک که می‌توانند به‌طور جدی باعث تنزل عملکرد سامانه شوند، مانند کاهش توان خروجی زیر یک آستانه مشخص).

گرچه برخی OFAها می‌توانند برای یک کاربرد خاصی طراحی شوند، در کل طرح‌های نگهداری (مدیریت و نظارت) با برخورداری از مشخصه‌های مربوطه متناظر، مستقل از کاربرد، ترجیح داده می‌شوند. این امر امکان استفاده مجدد از OFA در مورد به روزرسانی سامانه را فراهم می‌آورد (به‌عنوان مثال، عبور از شبکه‌ها از PDH به SDH یا افزایش نرخ بیت، به‌عنوان نمونه از STM4 تا STM16، جایگذاری تقویت‌کننده‌های خطی درون تجهیز نصب شده یا الحاق مجراهای اضافی از طریق WDM). با این وجود، برخی رویکردهای دیگر با استفاده از مجراهای تعبیه شده قابل اجرا هستند.

۶ کاربردهای OFAها در شبکه‌های مخابراتی عمومی

۶-۱ کلیات

OFAها به طور کلی می‌توانند با مزیت فوق العاده افزایش بودجه توان قابل دسترس، به ترتیب با مجاز دانستن بخش‌هایی با طول بیشتر و نسبت‌های تفکیک بالاتر، در هر دو شبکه مسافت طولانی و ONAها به کار روند. به‌علاوه OFAها در اصل افزاره‌های شفاف مستقل از نرخ بیت و قالب نشانک بوده و در نتیجه برای تقویت شبکه ایده‌آل هستند.

۶-۲ کاربرد OFA ها در شبکه‌های مسافت طولانی

در سامانه‌های دور برد، بودجه توان قابل دسترس می‌تواند با افزودن OFAها (تقویت‌کننده‌های توان، پیش تقویت‌کننده‌ها یا تقویت‌کننده‌های خطی) به تجهیز پایانه معمول به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد. به‌ویژه در مورد انتقال دور برد، امتیازات کاربرد OFA، را آشکار است که نه تنها امکان به‌روزآوری از PDH به SDH بلکه همچنین به نرخ‌های بیت بالاتر یا حتی افزودن مجراهای طول‌موج آتی درون همان پنجره عملیاتی را می‌دهد، به‌هرحال، به‌روزرسانی تنها زمانی امکان‌پذیر است که حاشیه‌های کافی برای پارامترهای لحاظ شده قابل دسترس باشند (به‌عنوان مثال، توان خروجی اشباع، پاشندگی[2] کلی خط).

در کل OFAها اتلاف‌های تضعیف در شبکه‌های مخابراتی را جبران خواهند کرد. بنابراین، ممکن است سامانه‌هایی که در ابتدا از نظر تضعیف محدود شده بودند اکنون از نظر پاشندگی محدود شوند. با این وجود،

1- Loss of Optical input Signal
2- dispersion

OFAها همچنان می‌توانند در هر دو استاندارد، تارهای تغییرمکان‌یافته بدون پاشندگی (توصیه‌نامه ITU-T G.652 [2]) و همچنین تارهای تغییر مکان یافته اعوجاج (توصیه‌نامه ITU-T G.653 [3]) طول‌های بیشتری برای بخش‌ها فراهم کنند. حدود پاشندگی می‌تواند زودتر در مورد تارهای دارای اعوجاج-تغییریافته روی دهند که در منطقه‌ای با طول‌موج ۱ ۳۱۰ nm کار می‌کنند یا تارهای بدون اعوجاج تغییریافته که در منطقه‌ای با طول‌موج ۱ ۵۵۰ nm کار می‌کنند. با این وجود، روش‌های متعددی برای کمینه‌سازی مشکلات پاشندگی وجود دارد، به‌عنوان مثال، استفاده از تارهای جبران‌کننده پاشندگی یا موج پیوسته (CW)[1] که با لیزرهای دارای عرض خطی کم با مدوله‌سازهای خارجی.

ثابت شده است کاربرد تقویت‌کننده‌های توان و پیش-تقویت‌کننده‌ها در مواردی که مکان‌های میانی با تجهیز فعال نامطلوب یا غیرقابل دسترس هستند (به‌عبارتی مانند سامانه‌های دریایی)، بسیار مؤثر است. به‌علاوه، مکان‌های کمتر میانی به طور ضمنی گویای نگهداری آسانتر برای کارور شبکه هستند. بنابراین، اولین و فراتر از آن، ساده‌ترین گام در افزایش بودجه توان قابل دسترس استفاده از یک OAT (به‌جای یک فرستنده منظم) یا یک تقویت‌کننده توان مستقیما پس از فرستنده منظم است.

افزایش معادل بودجه توان با استفاده از یک پیش‌تقویت‌کننده یا OAR درست قبل از گیرنده متداول قابل تشخیص است. با این وجود، از آنجا که پیکربندی‌های پیش‌تقویت‌کننده در کل پیچیده‌تر از تقویت‌کننده‌های توان هستند، به‌دلیل ضرورت وجود پالایه‌های نوری باریک باند اضافی برای کاهش سطوح ASE، احتمالا پیش‌تقویت‌کننده‌ها در ترکیب با تقویت‌کننده‌های توان و نه به جای آنها، استفاده می‌شوند.

در کل، بهسازی سامانه از طریق تقویت‌کننده‌های توان تنها پیش-تقویت‌کننده‌های تنها یا ترکیبی از هر دوی آنها به دست خواهد آمد. همچنین، از نقطه نظر سامانه، این پیکربندی‌ها برتر هستند (به بند ۵ مراجعه کنید). بنابراین، بهتر است استفاده از تقویت‌کننده‌های خطی تنها در مورد سازگاری طولی یا مهندسی پیوندگاه در نظر گرفته شوند، در نتیجه از الزامات دشوار در رابطه با سازگاری عرضی مجراهای ارتباطی بین تقویت‌کننده‌های خطی چند منبعی اجتناب می‌شود.

فاصله‌های انتقال فراطولی (هزاران کیلومتر)، به‌طور نظری می‌تواند با جایگذاری تقویت‌کننده‌های خطی در مسیر نوری به صورت دوره‌ای تشخیص داده شود. با این وجود، زمانی که چندین OFA به‌طور آبشاری[2] قرار می‌گیرند، در پی انباشت نوفه، وابستگی طیفی بهره کل، تأثیرات قطبش، انتشار رنگی و تأثیرات غیرخطی که افت عملکرد سامانه را در پی دارند، ممکن است مشکلاتی روی دهد. آزمون‌های آزمایشگاهی نشان داده اند که رفتار کلی سامانه در مورد تعداد بیشتر تقویت‌کننده‌های خطی آبشاری بسیار پیچیده‌تر از مورد تعداد اندک تقویت‌کننده‌های خطی آبشاری است. به‌طور خاص، بهره کل زنجیره‌ای از تقویت‌کننده‌های خطی به-طور سری درکل، بسته به پیکربندی تقویت‌کننده خاص، حول طول موج خاصی اوج می‌گیرد در حالی‌که

1- Continuous Wave
2- cascaded

گستره طول موج عملیاتی قابل استفاده OFA را به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌دهد. بنابراین، طرح این نوع سامانه بسیار متفاوت از موقعیت تعداد اندکی از تقویت‌کننده‌های آبشاری است.

در زمینه یافت راه‌کارها برای مشکلات فوق‌الذکر OFAهای آبشاری، بهتر است بین انتقال مجرا منفرد و انتقال مجرا طول موج چندگانه تمایز ایجاد شود.

در مورد انتقال مجرا منفرد، انباشت نوفه می‌تواند با استفاده از OFAهای کم‌نوفه در ترکیب با پالایش نوری کافی گذرباند کاهش یابد. محدودیت‌های انتشار معمولا می‌تواند از طریق عملیات نزدیک به طول‌موج انتشار صفر تار کمینه شود. به‌علاوه، لازم است برای تحت واپایش نگه داشتن تأثیرات غیرخطی مانند پراکندگی بریلیون شبیه‌سازی شده (SBS) (به زیربند ۶-۳ مراجعه کنید) و مدوله‌سازی خود فازی (تغییرات ضریب شکست تاری ایجاد شده توسط شدت‌های بالای نشانک) دقت شود.

در هنگام معرفی مجراهای دارای چند طول موجی، ممکن است مشکلات جدیدی در نتیجه یکنواختی ناکافی بهره و ترکیب چهار موجی روی دهد.

۶-۳ کاربرد OFAها در OANها

OFAها می‌توانند برای افزایش بودجه توان نوری یا ایجاد امکان نسبت‌های تفکیک بالاتر در شبکه‌های نقطه به چند نقطه در OANها استفاده شوند. بنابراین، در کل هر دو تقویت‌کننده خطی و تقویت‌کننده توان در این نوع شبکه به‌کار خواهند رفت.

استفاده از OFAها در شبکه‌های حلقوی درست قبل از افزاره‌های شاخه‌گزینی (انشعاب)، به‌منظور جبران اتلاف‌های شاخه‌گزینی/تفکیک، نمونه‌ای از کاربرد بالقوه است.

یکی از اولین کاربردهای OFAها در OANها توزیع نشانک‌های تلویزیونی خواهد بود. در آغاز، این سامانه‌ها ممکن است قیاسی باشند اما به تدریج به سامانه‌های رقمی تغییر خواهند کرد. در مورد سامانه‌های تلویزیون کابلی (CATV) قیاسی در مقایسه با OFAها برای کاربردهای رقمی، الزامات افزونه‌ای ضروری هستند تا نسبت‌های مناسب حامل به نوفه حفظ شود. چنانچه به‌عنوان نمونه لیزرهای AM مورد استفاده قرار گیرند، بهتر است بهره OFA بسیار صاف باشد تا از تبدیل‌های بسامد به مدوله‌سازی شدت که به اعوجاج‌های افزایش‌یافته نشانک می‌انجامند، خودداری شود. این تأثیر می‌تواند با استفاده از لیزرهای CW به‌کار رفته در ترکیب با مدوله‌سازهای خارجی کمینه شود. در این صورت بهتر است تأثیرات قطبش نیز کمینه شوند. همچنین، بهتر است برای حفظ توان‌های خروجی OFA در سطوح قابل‌قبول دقت خاصی به‌کار رود تا تأثیرات غیر-خطی چون SBS کاهش یابند. در این فرآیند، قسمتی از نشانک نوری با کاهش نسبت حامل به نوفه به نشانک منتشر شونده در جهت معکوس تبدیل می‌شود، در حالی‌که توان نشانک پیش‌رو کاهش یافته و سطوح نوفه افزایش می‌یابد.

۷ ملاحظات ایمنی لیزر

تحت شرایط خاص (شکست تار، اتصال‌دهنده‌های باز)، ممکن است توان نوری خروجی از OFAها برای چشم انسان خطرناک باشد. بهتر است اقدامات خاصی برای تضمین عملیات ایمن تحت تمامی شرایط عملیاتی قابل پیش‌بینی، با توجه به استاندارد EN 60825 که مبتنی بر استاندارد IEC-825 [5] است، اتخاذ شود.

اخیرا هر دو استاندارد IEC-825 و EN 60825 تجدید نظرهای عمده‌ای را پشت سر گذاشته‌اند. در استاندارد اصلاح شده، سطوح ایمنی ذاتی طبقه ۱ در ۱ ۳۰۰ nm برابر ۸٫۸ mW (۹٫۴ dBm+) و در ۱ ۵۵۰ nm برابر ۱۰ mW (۱۰ dBm+) است، در حالی‌که سطوح ایمنی محدود شده طبقه ۳ A (ایمنی بدون ملاحظه کمک‌ها) در ۱ ۳۰۰ nm برابر ۲۴ mW (۱۳/۸ dBm+) و در ۱ ۵۵۰ nm برابر ۵۰mW (۱۷ dBm+) است.

در حال حاضر سازوکارهای ایمنی مناسب تحت بررسی است.