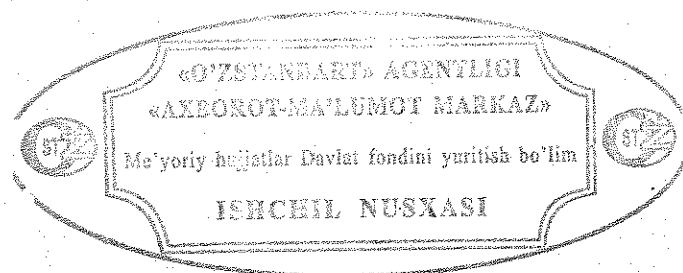


ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

УСИЛИТЕЛИ РАМАНОВСКИЕ ОПТИЧЕСКИЕ

Общие требования

Издание официальное



Узбекское агентство стандартизации, метрологии и сертификации

Ташкент

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью
Центр технологий связи и чистой энергии – «АТЕТМ» (ООО «АТЕТМ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации в сфере
связи, информатизации и телекоммуникационных технологий № 7

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением
Узбекского агентства стандартизации, метрологии и сертификации
(агентство «Узстандарт») от 17.09.2015 № 05-702

4 Настоящий стандарт разработан с учетом рекомендации
ITU-T G.665 (2005) Generic characteristics of Raman amplifiers and Raman
amplified subsystems (Типовые характеристики Рамановских усилителей и
Рамановских усилительных подсистем)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Информация о введении в действие (прекращении действия)
настоящего стандарта и изменений к нему на территории Узбекистана
публикуется в указателе, издаваемом агентством «Узстандарт». В
случае пересмотра или отмены настоящего стандарта
соответствующая информация будет опубликована в информационном
указателе, издаваемом агентством «Узстандарт»*

O'ZSTANDART AGENTLIGA
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JISMIY KITIYIN BOSHQARMASI

Исключительное право официального опубликования настоящего
стандарта на территории Узбекистана принадлежит агентству «Узстандарт»

Содержание

1	Область применения.....	1
2	Нормативные ссылки.....	1
3	Термины, определения, сокращения и обозначения	2
4	Требования к классификации Рамановских усилителей	5
5	Технические требования	12
6	Требования по безопасности	20
	Приложение А (справочное) Измерения MPI в волоконно-оптических системах передачи	23
	Приложение В (справочное) Анализ потерь от сростков и соединителей	24

U'ZSTANDART AGENTLIGA
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JONIV ETISH BOSHQARMASI

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**РАМАН ОПТИК КУЧАЙТИРГИЧЛАРИ**

Умумий талаблар

УСИЛИТЕЛИ РАМАНОВСКИЕ ОПТИЧЕСКИЕ

Общие требования

Raman optical amplifiers

General requirements

Дата введения 24.09.2015**1 Область применения**

Настоящий стандарт устанавливает общие требования к функциональным параметрам и характеристикам усилителей Рамановских оптических (далее – Рамановские усилители) с прямой, обратной, двусторонней накачкой.

Требования настоящего стандарта распространяются на Рамановские усилители сигналов, транспортируемых по волоконно-оптическим кабелям волоконно-оптических систем передачи.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

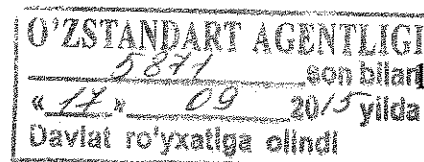
O'z DSt 2141:2011 Волоконно-оптические системы передачи. Термины и определения

O'z DSt 2755:2013 Многоканальные DWDM системы с одноканальными оптическими интерфейсами. Общие требования

O'z DSt 2812:2014 Внутридоменные приложения плотного волнового уплотнения (DWDM), совместимые в продольном направлении. Общие требования

Примечание - При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов на территории Узбекистана по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании

Издание официальное



настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения, сокращения и обозначения

3.1 В настоящем стандарте применены термины по O'z DSt 2141, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 дисперсия мод поляризации: Изменение формы и ширины импульса вследствие дифференциальной групповой задержки (разницы в задержке распространения для двух основных состояний поляризации) и из-за искажения формы сигнала для каждого основного состояния поляризации при прохождении оптического сигнала через оптическое волокно, компонент или подсистему (такую, как оптический усилитель). Наряду с потерями, зависящими от поляризации, и усилением, зависящим от поляризации, дисперсия мод поляризации может создавать большие искажения формы сигнала, приводящие к недопустимому увеличению коэффициента ошибок по битам.

Примечания

1 Уровень дисперсии мод поляризации может зависеть от температуры и условий эксплуатации.

2 Параметр дисперсии мод поляризации Рамановского усилительного устройства объединяет эффекты дисперсии мод поляризации от передающего волокна и от усилительного устройства.

3.1.2 интенсивность шума лазера накачки: Относительная интенсивность шума от энергии накачки.

3.1.3 коэффициент сигнал – спонтанный шум: Составляющая коэффициента шума, вызванная сигнал – спонтанным шумом биений, выраженная в dB.

3.1.4 коэффициент усиления: Возрастание мощности излучения оптического сигнала в ОУ от эталонной точки R на входе до эталонной точки S на выходе, выраженное в dB.

Примечания

1 Усиленная мощность спонтанного излучения исключается из мощности излучения оптического сигнала, как на входе, так и на выходе.

2 Настоящее определение учитывает влияние любых соединителей, непосредственно связанных с устройством на базе ОУ, как на входе, так и на выходе.

3.1.5 коэффициент усиления слабого сигнала: Коэффициент усиления усилителя, работающего в линейном режиме, когда он практически не зависит от мощности излучения оптического сигнала на входе при заданной длине волны сигнала и уровне мощности оптического излучения накачки.

Примечание – Эта характеристика может быть задана при дискретной длине волны или в виде функции от длины волны.

3.1.6 максимальная мощность накачки: Наибольшая мощность накачки, существующая в точке RP_i (при обратной накачке) и/или FP_o (при прямой накачке) от Рамановского источника (источников) накачки.

3.1.7 максимальная потребляемая мощность: Электроэнергия, необходимая для обеспечения работы подсистемы на базе ОУ при заданных максимальных значениях параметров.

3.1.8 минимальная мощность накачки: Наименьшая мощность накачки, существующая в точке RP_i (при обратной накачке) и/или FP_o (при прямой накачке) от Рамановского источника (источников) накачки, при которой работа Рамановского усилителя стабильна.

3.1.9 номинальная мощность выходного сигнала: Мощность излучения оптического сигнала на выходном порту ОУ для указанной мощности излучения оптического сигнала на входном порту ОУ при номинальных условиях эксплуатации.

3.1.10 общая максимальная выходная мощность: Наибольший уровень мощности оптического излучения на выходном порте ОУ, работающего при абсолютных максимальных значениях параметров.

3.1.11 общий коэффициент усиления: Общий коэффициент усиления определяют, как композитный Рамановский коэффициент усиления и усиление ОУ, если такой усилитель используют, с вычитанием из этой величины потерь между контрольными точками входа и выхода усилителя.

3.1.12 оптические соединения: Оптический соединитель и/или волокно определенного типа, используемое в качестве входных и/или выходных портов ОУ.

3.1.13 рабочая температура: Диапазон температур, в котором подсистема на базе ОУ может работать и при котором она все еще соответствует всем определенным значениям параметров.

3.1.14 Рамановский коэффициент усиления: Возрастание мощности оптического сигнала в точке измерения мощности, определенной в 4.3, при включенной Рамановской накачке, по сравнению с мощностью оптического сигнала в точке измерения мощности при выключенной Рамановской накачке.

Примечание - Применимо к распределенным Рамановским усилителям.

3.1.15 степень оптической поляризации (применимо к устройствам накачки для волоконно-оптических Рамановских усилителей): Значение для каждой длины волны излучения источника оптической накачки выраженное в процентах:

$$\frac{P_{max} - P_{min}}{P_{max} + P_{min}} \cdot 100\%,$$

где: P_{max} и P_{min} — максимальная и минимальная выходные мощности оптического излучения источника накачки при всех состояниях

поляризации на данной длине волны излучения, измеренное в пределах определенной ширины полосы.

Примечания

1 В связи с тем, что Рамановский эффект, на основе которого работают Рамановские усилители, зависит от поляризации, степень оптической поляризации может оказывать влияние на коэффициент усиления усилителя, зависящий от поляризации.

2 В связи с тем, что для накачки Рамановских усилителей часто используется излучение со множеством длин волн, получаемое от многомодовых лазеров, необходимо определить отдельно степень оптической поляризации излучения на каждой длине волны, а не просто степень оптической поляризации общего выходного оптического излучения.

3.1.16 эквивалентная входная мощность: Мощность на входе контрольной точки при выключенной Рамановской накачке.

Примечание — Для Рамановского усилителя с обратной накачкой вход контрольной точки — это точка RP_i на рисунке 2. Для других конфигураций Рамановского усилителя см. 4.3.

3.1.17 эффективный коэффициент шума: Коэффициент шума эквивалентного дискретного оптического усилителя, установленный на конце оптического кабеля, производит эффективное усиление и такую же выходную мощность усиленного спонтанного излучения, что и при распределенном усилении. В случае композитного усилителя, в эту величину включают усиление и шум усиленного спонтанного излучения стандартного ОУ.

3.2 В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

ASE	Amplified Spontaneous Emission — усиленное спонтанное излучение
DOP	Degree of Optical Polarization — степень оптической поляризации
DRS	Double Rayleigh Scattering — двойное Релеево-ское рассеяние
EDFA	Erbium-Doped Fibre Amplifier — оптический усилитель с присадкой эрбия
GMP	Gain Measurement Point — точка измерения усиления
IEC	International Electrotechnical Commission — Международная электротехническая комиссия
ITU	International Telecommunication Union — Международный союз электросвязи
MPI	Multi-Path Interference — многодиапазонный интерфейс
OAR	Optically Amplified Receiver — приемник с оптическим усилением
OAT	Optically Amplified Transmitter — передатчик с оптическим усилением
OSNR	Optical Signal-to-Noise Ratio — отношение оптический сигнал/шум

BPP

необходимое Рамановское рассеивание

ОИШ	относительная интенсивность шума
ОУ	оптический усилитель

3.3 В настоящем стандарте применены следующие обозначения:

ПЕР _о	передатчик (оптический)
ПР _о	приемник (оптический)
С	оптический соединитель, связанный с Рамановским усилителем
FP _і	точка ввода сигнала для Рамановского усилителя с прямой накачкой
FP _о	точка вывода сигнала для Рамановского усилителя с прямой накачкой
NA	при заданной конфигурации усилителя измерение параметра не применяется
RP _і	точка ввода сигнала для Рамановского усилителя с обратной накачкой
RP _о	точка вывода сигнала для Рамановского усилителя с обратной накачкой

4 Требования к классификации Рамановских усилителей

4.1 Правила классификации

Рамановские оптические усилители должны классифицироваться по принципу построения, принципу работы и общему типу усиления:

- а) по количеству каналов:
 - одноканальные;
 - многоканальные;
- б) по типу накачки:
 - с прямой накачкой;
 - с обратной накачкой;
 - с двусторонней накачкой;
- с) по типу усилителей:
 - Рамановские усилители с прямой накачкой;
 - Рамановские усилители с обратной накачкой;
 - Рамановские усилители с двусторонней накачкой;
 - композитные Рамановские усилители с прямой накачкой и дискретные усилители;
 - композитные Рамановские усилители с обратной накачкой и дискретные усилители;
 - композитные Рамановские усилители с двусторонней накачкой и дискретные усилители;

- дискретные Рамановские усилители (включая композитные дискретные Рамановские усилители и усилители на основе эрбия).

4.2 Код типа Рамановского усилителя

Код типа Рамановского усилителя должен состоять из заглавной буквы, обозначающей «усилитель Рамановский», числа и двух строчных букв. Примеры кодов типа приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Структура кода типа Рамановского усилителя

Заглавная буква	Число		Строчная буква 1		Строчная буква 2	
C	1	дискретные усилители (вторичные усилители и/или бустерные усилители)	a	усилители для передачи аналогового канала на одной длине волны	f	с прямой накачкой
	2	дискретные предварительные усилители	b	усилители для передачи цифрового канала на одной длине волны	g	с обратной накачкой
	3	дискретные линейные усилители	c	усилители для цифровой передачи многоканального сигнала	b	с двусторонней накачкой
	4	дискретный OAT	—	—	—	—
	5	дискретный OAR	—	—	—	—
	6	распределенные	—	—	—	—
	7	композитные	—	—	—	—
	Примечание - Примеры кодов типа: Сбсг: усилитель Рамановский распределенный для цифровой передачи многоканального сигнала с обратной накачкой. С7bb: усилитель Рамановский композитный для передачи цифрового канала на одной длине волны с двусторонней накачкой.					

4.3 Эталонные (физические) и эквивалентные модели Рамановских усилительных устройств

4.3.1 Типы Рамановских усилителей

В соответствии с существующими устройствами Рамановского усиления определены их эталонные (физические) модели (рисунки 1 – 7), содержащие контрольные точки RP, FP, A с индексами (i), (o) и GMP:

(i) – контрольная точка на входе;

(o) – контрольная точка на выходе;

GMP – точка, в которой измеряют мощность двух сигналов.

Отношение Рамановского усиления включено/выключено определяют следующим соотношением:

$$10\text{Log}\left(\frac{P_{ON}}{P_{OFF}}\right), \quad (1)$$

где: P_{ON} – мощность одного сигнала, измеряемая в случае действия Рамановских накачек;

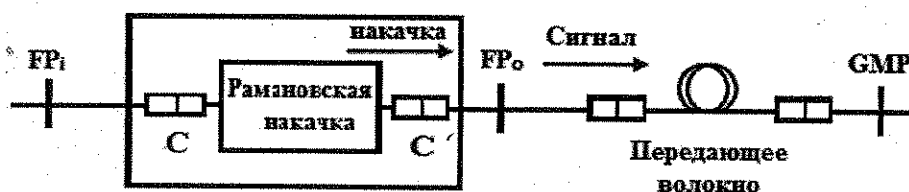
P_{OFF} – мощность другого сигнала, измеряемая в случае, когда Рамановские накачки не действуют.

Типы Рамановских усилителей и Рамановских усилительных подсистем показаны на рисунках 1–7, на каждом из которых обозначение «С» отмечены как соединители (разъемы), являющиеся частью усилительного устройства, и непосредственно связаны с Рамановскими сигналами накачки и являющиеся частью усилительного устройства. Анализ потерь от сращков и соединителей приведен в приложении В.

4.3.1.1 Рамановский усилитель с прямой накачкой

На рисунке 1 показан Рамановский усилитель с прямой накачкой.

Общее усиление – это усиление включено/выключено за вычетом потерь между контрольными точками FP_i и FP_o .



FP_i – контрольная точка входного сигнала с прямой накачкой

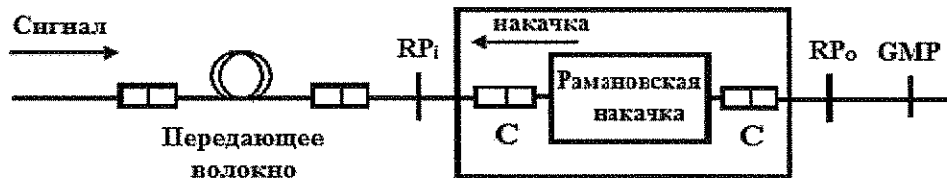
FP_o – контрольная точка выходного сигнала с прямой накачкой

Рисунок 1 – Рамановский усилитель с прямой накачкой

4.3.1.2 Рамановский усилитель с обратной накачкой

На рисунке 2 показан Рамановский усилитель с обратной накачкой.

Общее усиление – это усиление включено/выключено за вычетом потерь между контрольными точками RP_i и RP_o .



RP_i – контрольная точка входного сигнала с обратной накачкой

RP_o – контрольная точка выходного сигнала с обратной накачкой

Рисунок 2 – Рамановский усилитель с обратной накачкой

4.3.1.3 Рамановский усилитель с двусторонней накачкой

На рисунке 3 показан Рамановский усилитель с двусторонней накачкой.

Общее усиление – это усиление включено/выключено за вычетом потерь между контрольными точками FP_i и FP_o , а также контрольными точками RP_i и RP_o .



Рисунок 3 – Рамановский усилитель с двусторонней накачкой

4.3.1.4 Композитный Рамановский усилитель с прямой накачкой

На рисунке 4 показан композитный Рамановский усилитель с прямой накачкой.

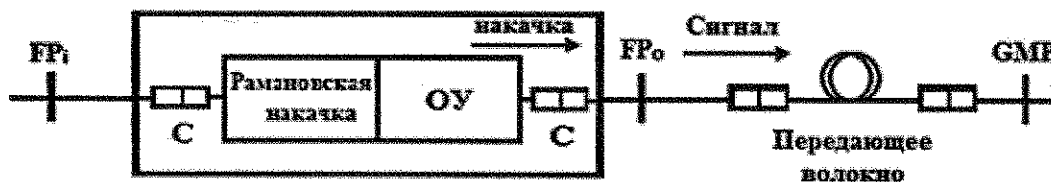


Рисунок 4 – Композитный Рамановский усилитель с прямой накачкой

4.3.1.5 Композитный Рамановский усилитель с обратной накачкой

На рисунке 5 показан композитный Рамановский усилитель с обратной накачкой.

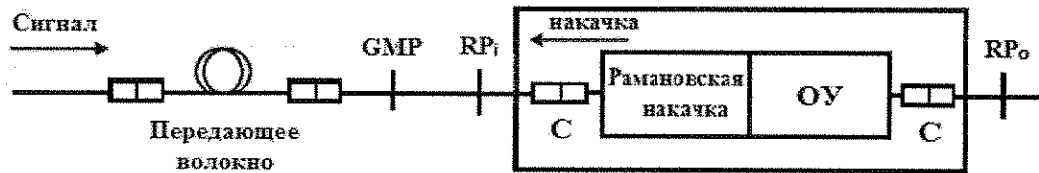


Рисунок 5 – Композитный Рамановский усилитель с обратной накачкой

4.3.1.6 Композитный Рамановский усилитель с двусторонней накачкой

На рисунке 6 показан композитный Рамановский усилитель с двусторонней накачкой.

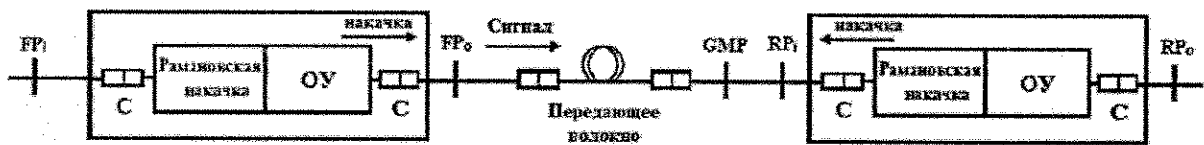


Рисунок 6 – Композитный Рамановский усилитель с двусторонней накачкой

4.3.1.7 Дискретный Рамановский усилитель

На рисунке 7 показан дискретный Рамановский усилитель.



A_i – контрольная точка входного сигнала дискретного Рамановского усилителя

A_0 – контрольная точка выходного сигнала дискретного Рамановского усилителя

Рисунок 7 – Дискретный Рамановский усилитель

4.3.2 Эталонные (физические) и эквивалентные модели распределенных Рамановских усилителей

Для получения усиления в распределенных или композитных Рамановских усилителях, должна использоваться увеличенная длина передающего оптического волокна. Если доступны параметры, связанные с передающим волокном, такие как спектр усиления ВРР, коэффициенты нелинейности и затухания, то анализ характеристик может быть произведен с помощью моделирования. При измерении параметров усиления на конце передающего волокна для упрощения вычислений характеристик системы, распределенное усиление рассматривается как эквивалентное дискретное. Такое представление необходимо при сравнительном анализе Рамановских усилителей с традиционными звеньями связи EDFA.

Для всех типов распределенных Рамановских усилителей мощность сигнала возрастает в точке выхода из передающего волокна, как показано на рисунке 8, в то время как в точке ввода сигнал не изменяется.

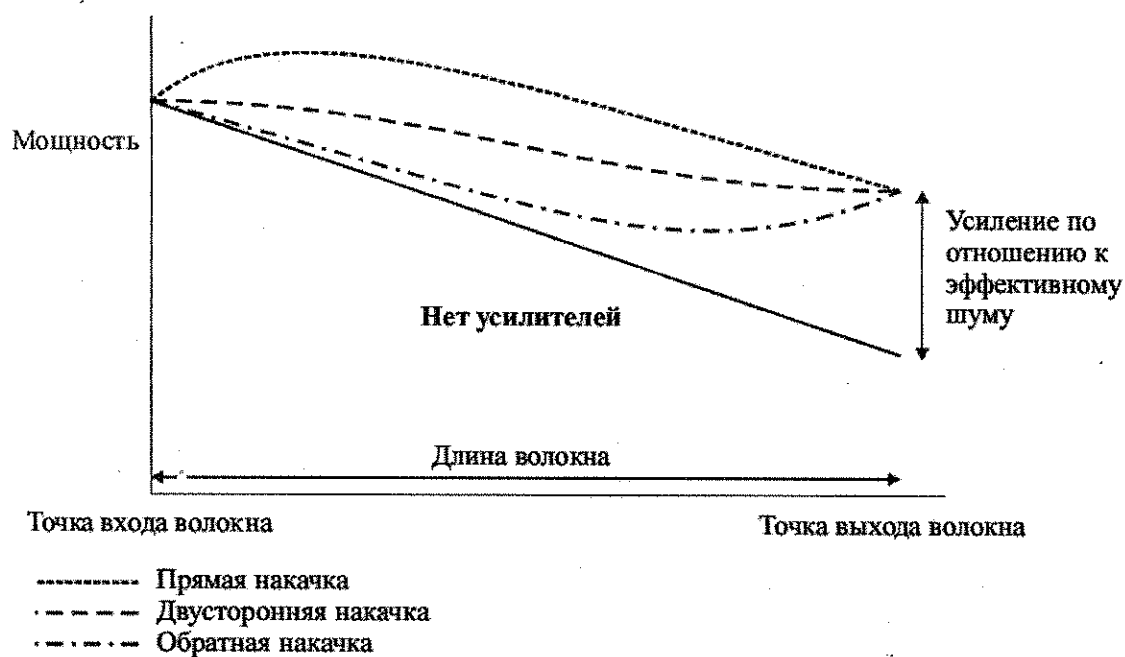


Рисунок 8 – Распределение мощности вдоль передающего волокна для трех типов распределенных Рамановских усилителей

На рисунке 9 представлены эталонная (физическая) модель и эквивалентная модель распределенных Рамановских усилителей.

Эталонная (физическая) модель распределенного Рамановского усилителя представляет собой реальную схему подключения распределен-

ного Рамановского усилителя в волоконно-оптическую линию связи волоконно-оптических систем передачи.

С точки зрения характеристик системы, не так важно представлять точное распределение мощности вдоль передающего волокна, как знать величину мощности сигнала и шума в точке выхода из волокна. В связи с этим должна использоваться эквивалентная модель эталонной (физической) модели дискретного усилителя в точке выхода из волокна (рисунок 9). Виртуальный усилитель создает такое же эффективное усиление и выходную мощность излучения ASE, что и распределенное усиление. Поскольку излучение ASE, создаваемое в волокне распределенного усилителя, также частично уменьшается, благодаря затуханию этого волокна, выходная мощность ASE может быть меньше, чем физически реализуемая от такого дискретного усилителя. Действительный усилитель расположен в контрольной точке входа. R_{equ} и S_{equ} — контрольные точки на выходе.

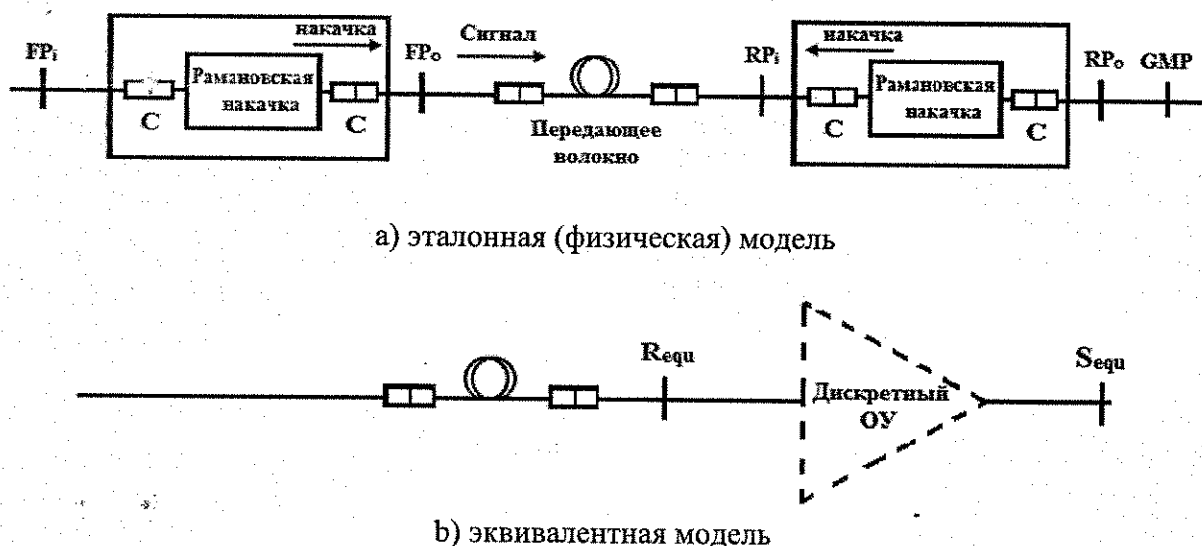


Рисунок 9 – Эталонная (физическая) и эквивалентная модели распределенных Рамановских усилителей

Эквивалентные параметры входа определяются в эквивалентной контрольной точке входа при выключенной мощности лазера накачки в передающее волокно. В этом состоянии измеряется эквивалентная входная мощность и отношение OSNR. Выходные параметры измеряются в эквивалентной контрольной точке выхода при активном состоянии источника накачки. В этом состоянии измеряется эквивалентная выходная мощность и отношение OSNR.

Эффективный коэффициент шума и усиление в состоянии включено/выключено определяется с помощью эквивалентной входной мощности, отношения OSNR на входе и выходе, выходной мощности.

Конечные значения эффективного коэффициента шума и усиления в состоянии включено/выключено используются для упрощенной оценки системы.

5 Технические требования

5.1 Общие требования

5.1.1 Рамановский усилитель должен иметь лазер накачки оптического сигнала, определяющий рабочий спектральный диапазон устройства, и схему управления, посредством которой осуществляется регулирование и контроль значения мощности накачки.

5.1.2 Рамановский усилитель должен иметь каркас повышенной жесткости и конструкцию корпуса в стандартной стойке шириной 48,26 см.

5.1.3 Основные параметры Рамановских усилителей приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные параметры Рамановских усилителей

Параметр	Предельное значение
Диапазон мощности накачки, dBm	от + 10 до + 30
Рабочий диапазон длин волн, nm	от 1548 до 1561
Коэффициент усиления, dB	от + 3,0 до + 23,0
Неравномерность коэффициента усиления, dB	< + 3,0
Рабочая температура, °C	от +5 до + 45
Максимальная рабочая относительная влажность, %	от 5 до 95
Время включения: от начала работы до полной стабилизации, s	от 0,6 до 180
Потребляемая мощность, W	< 20
Напряжение питания, V	5/12, DC ¹⁾ 42-72, AC ²⁾ 220
¹⁾ Постоянный ток. ²⁾ Переменный ток.	

5.1.4 Параметры композитных Рамановских усилителей должны соответствовать предельным значениям, установленным в таблице 3. Основные параметры и их предельные значения для секций композитных Рамановских усилителей приведены в таблице 4. Секции композитных Рамановских усилителей представлены на рисунках 4 – 6.

Таблица 3 – Основные параметры композитных Рамановских усилителей

Параметр	Предельное значение
Рабочий диапазон длин волн, nm	от 1529,0 до 1562,5
Диапазон длин волн оптического контрольного канала, nm	от 1500 до 1520
Среднее время наработки на отказ, h	319, 014
Температура хранения, °C	от - 40 до + 70
Рабочая температура, °C	от 0 до + 55
Максимальная рабочая относительная влажность, %	от 5 до 90

Таблица 4 – Основные параметры для секций композитных Рамановских усилителей

Секция	Параметр	Предельное значение
Рамановская накачка	Длина волны накачки, nm	1425, 1452
	Общая максимальная выходная мощность накачки, mW	500
	Рабочий диапазон мощности накачки, mW	от 100 до 450
	Рамановский коэффициент усиления*, dB	8,5 (тип волокна G.652); 10 (тип волокна G.655); 13,5 (тип волокна G.655)
ОУ	Номинальный коэффициент усиления, dB	14
	Диапазон усиления, dB	от 8 до 20
	Максимальная выходная мощность, dB	17
	Минимальная выходная мощность, dB	- 10
	Коэффициент шума, dB	от 5,7 до 7,5
	Дисперсия мод поляризации, ps	0,5
	Максимальная хроматическая дисперсия, ps/nm	± 0,5
* Типы оптического волокна серии G.65x указаны в O'z DSt 2812 (4.4.3).		

5.2 Типовые характеристики Рамановских усилителей

В таблицах 5 – 6 описаны типовые характеристики распределительных и композитных Рамановских усилителей, где введены измерительные точки, в которых производится измерение параметров. Точка измерения и контрольные точки, приведенные в таблицах 5 – 6, описаны в 4.3.

Таблица 5 – Типовые характеристики распределенных Рамановских усилителей

Параметр, характеристика	С обратной накачкой		С прямой накачкой		С двусторонней накачкой	
	один канал	нес- коль- ко каналов	один канал	нес- коль- ко каналов	один канал	нес- коль- ко каналов
1	2		3		4	
Диапазон полосы усиления	GMP	NA	GMP	NA	GMP	NA
Расположение каналов	NA	GMP	NA	GMP	NA	GMP
Максимальная разность усиления каналов	NA	GMP	NA	GMP	NA	GMP
Усредненный наклон спектра усиления канала	NA	GMP	NA	GMP	NA	GMP
Отклик усиления (в устойчивом состоянии) на введение/удаление канала	NA	GMP	NA	GMP	NA	GMP
Рамановское уси- ление в положении вкл/выкл	GMP		GMP		GMP	
Эффективный коэффициент шума	GMP		GMP		GMP	
Относительная разность интенсив- ности шума опти- ческого сигнала	Между сигналом в точке входа оп- тического волок- на с накачкой и сигналом в точке RP ₀		Между сигналом в точке FP _i и сигналом в точке выхода оптичес- кого волокна с накачкой		Между сигналами в точках FP _i и RP ₀	
Диапазон входной мощности	NA		FP _i		FP _i	
Эквивалентный диапазон входной	RP _i		FP _i		FP _i	

Окончание таблицы 5

1	2	3	4
мощности			
Диапазон выходной мощности	RP_o	NA	RP_o
Коэффициент отражения сигнала на входном интерфейсе	RP_i	FP_i	FP_i
Коэффициент отражения сигнала на выходном интерфейсе	RP_o	FP_o	RP_o
Коэффициент отражения сигнала на интерфейсе накачки	RP_i	FP_o	$FP_o \& RP_i$
Максимально допустимый коэффициент отражения сигнала на входном интерфейсе	RP_i	FP_i	FP_i
Максимально допустимый коэффициент отражения сигнала на выходном интерфейсе	RP_o	FP_o	RP_o
Максимально допустимый коэффициент отражения на интерфейсе накачки	RP_i	FP_o	$FP_o \& RP_i$
Мощность накачки	RP_i	FP_o	$FP_o \& RP_i$
Утечка накачки ко входному сигналу (в восходящем направлении)	NA	FP_i	FP_i
Утечка накачки к выходному сигналу	RP_o	NA	RP_o
Интенсивность ОИШ лазера накачки	RP_i	FP_o	$FP_o \& RP_i$
Соответствующее оптическое соединение	RP_i, RP_o	FP_i, FP_o	FP_i, FP_o, RP_i, RP_o
Поляризация DOP лазера накачки	RP_i	FP_o	$FP_o \& RP_i$

Таблица 6 – Типовые характеристики композитных Рамановских усилителей

Параметр, характеристика	С обратной накачкой		С двусторонней накачкой	
	Один канал	Несколько каналов	Один канал	Несколько каналов
1	2		3	
Диапазон полосы усиления	GMP	NA	GMP	NA
Расположение каналов	NA	GMP	NA	GMP
Максимальная разность усиления каналов	NA	GMP	NA	GMP
Усредненный наклон спектра усиления канала	NA	GMP	NA	GMP
Отклик усиления (в устойч. состоянии) на введение/удаление канала	NA	GMP	NA	GMP
Рамановское усиление в положении включено/выключено при работе ОУ	GMP		GMP	
Эффективный коэффициент шума	RP_0		RP_0	
Относительная разность интенсивности шума оптического сигнала	Между сигналом в точке входа оптического волокна с накачкой и сигналом в точке RP_0		Между сигналами в точках FP_i и RP_0	
Диапазон входной мощности	NA		FP_i	
Эквивалентный диапазон входной мощности	RP_i		FP_i	
Диапазон выходной мощности	RP_0		RP_0	
Коэффициент отражения сигнала на входном интерфейсе	RP_i		FP_i	
Коэффициент отражения сигнала на выходном интерфейсе	RP_0		RP_0	
Коэффициент отражения сигнала на интерфейсе накачки	RP_i		RP_i & FP_0	
Максимально допустимый коэффициент отражения сигнала на входном интерфейсе	RP_i		FP_i	

Окончание таблицы 6

1	2	3
Максимально допустимый коэффициент отражения сигнала на выходном интерфейсе	RP_o	RP_o
Максимально допустимый коэффициент отражения на интерфейсе накачки	RP_i	$RP_i \& FP_o$
Мощность накачки	RP_i	$RP_i \& FP_o$
Утечка накачки ко входному сигналу (в восходящем направлении)	NA	FP_i
Утечка накачки к выходному сигналу	RP_o	RP_o
Соответствующее оптическое соединение	RP_i, RP_o	RP_i, RP_o, FP_i, FP_o
Интенсивность ОИШ лазера накачки	RP_i	$RP_i \& FP_o$
Поляризация DOP лазера накачки	RP_i	$RP_i \& FP_o$

5.3 Функциональные параметры Рамановских усилителей

В таблице 7 указаны параметры окружающей среды, соответствующие им единицы измерения и метод тестирования. Функциональные параметры Рамановских усилителей, единицы измерения, методы тестирования ОУ приведены в таблице 8.

Таблица 7 – Параметры окружающей среды

Параметр, единица измерения		Метод тестирования
Рабочая температура, °		Проверка на надежность
Максимальная рабочая относительная влажность, %		
Максимальная устойчивость к вибрации	диапазон частот, Hz	
	амплитуда, mm pic-pic	
Температура хранения, °		
Максимальная относительная влажность хранения, %		
Максимальная устойчивость к удару	ускорение, g	
	продолжительность, ms	

Таблица 8 – Функциональные параметры Рамановских усилителей

Параметр, единица измерения	Группа	Метод тестирования
1	2	3
Рамановский коэф. усиления включ/выкл, dB	Параметры, связанные с усилением	<ul style="list-style-type: none"> - многоканальный импульсный метод с использованием оптического коммутатора и оптического анализатора спектра; - многоканальный импульсный метод с использованием стробируемого оптического анализатора спектра; - многоканальные методы с использованием тестовых сигналов.
Отклонение многоканального усиления (неравномерность) ¹⁾ , dB		
Отклик усиления в устойчивом состоянии на введение/удаление канала ¹⁾ , dB		
Отклик усиления в переходном состоянии на введение/удаление канала ¹⁾ , dB		
Диапазон входной мощности, dBm	Параметры, связанные с мощностью оптического излучения	<ul style="list-style-type: none"> - многоканальный импульсный метод с использованием оптического коммутатора и оптического анализатора спектра; - многоканальный импульсный метод с использованием стробируемого оптического анализатора спектра; - многоканальные методы с использованием тестовых сигналов.
Максимальная общая выходная мощность, dBm		
Интенсивность ОИШ лазера накачки, dB/Hz		
Эффективный коэффициент шума, dB	Шумовые параметры	<ul style="list-style-type: none"> - многоканальный импульсный метод с использованием оптического коммутатора и оптического анализатора спектра; - многоканальный импульсный метод с использованием стробируемого оптического анализатора спектра; - многоканальные методы с использованием тестовых сигналов.
Относительная разность интенсивности шума оптического сигнала, dB/Hz		
Поляризация DOP лазера накачки, %	Параметры, связанные с поляризацией	<ul style="list-style-type: none"> - метод анализа на основе матриц Джонса; - метод анализа сфер Пуанкаре.

Окончание таблицы 8

1	2	3
Максимально допустимый коэффициент отражения сигнала на входном интерфейсе, dB	Параметры, связанные с отражением	- испытание на допуск по отражению.
Максимально допустимый коэффициент отражения сигнала на выходном интерфейсе, dB		
Коэффициент отражения сигнала на входном интерфейсе, dB		
Коэффициент отражения сигнала на выходном интерфейсе, dB		
Утечка накачки ко входному или выходному сигналу, dBm	Параметры, связанные с просачиванием излучения накачки	—
Расположение каналов ¹⁾ , nm	—	—
Полоса мощности ²⁾ , nm	—	—
Тип волокна	—	—
Оптическое соединение	—	—
Длина волокна, km	—	—
Потребляемая мощность, W	—	—
Мощность накачки, dBm	—	—
¹⁾ Только для многоканальных усилителей. ²⁾ Только для одноканальных усилителей.		

6 Требования по безопасности

6.1 Оборудование оптического усиления должно соответствовать требованиям оптической безопасности, установленным в ГОСТ 12.2.007.0.

6.2 Для обеспечения оптически безопасных условий работы при высокомошной оптической накачке, достигающей уровня мощности свыше + 30 dBm, требуется использовать процедуры автоматического снижения мощности, включающие автоматический перезапуск в системах, в которых применяется распределенное Рамановское усиление с рабочими уровнями, превышающими опасный уровень 1М (или 3В в местах проведения контроля). Данный способ предотвращает опасность для глаз и кожи человека, а также опасности, связанные с излучением лазера (повышение температуры, возгорание), вызванного повышенным внешним поглощением вследствие загрязнения, порчи соединителя. Для осуществления автоматического перезапуска необходимо использовать процедуры автоматического снижения мощности с применением вспомогательного оптического канала.

Примечание – Уровень опасности определяет потенциальную опасность в любом доступном месте в пределах волоконно-оптической системы связи и основан на уровне оптического излучения, которое становится доступным при обоснованно ожидаемом событии (при разрыве оптоволоконного кабеля):

- уровень опасности 1 относится к любой доступной зоне в пределах волоконно-оптической системы связи, в которой при обоснованно ожидаемом событии доступ человека отсутствует к лазерному излучению, превышающему эмиссию класса 1 для применяемых длин волн и длительности излучения;

- уровень опасности 1М относится к любой доступной зоне в пределах волоконно-оптической системы связи, в которой при обоснованно ожидаемом событии не будет доступа человека к лазерному излучению, превышающему эмиссию класса 1 для применяемых длин волн и длительности излучения, при этом уровень излучения измеряют в соответствии с условиями для лазеров класса 1М;

- уровень опасности 3В относится к любой доступной зоне в пределах волоконно-оптической системы связи, в которой при обоснованно ожидаемом событии к лазерному излучению, превышающему эмиссию класса 3В для применяемых длин волн, доступ человека отсутствует.

Для того, чтобы обеспечить безопасные уровни мощности, излучаемые неисправными или открытыми волоконными соединениями, требуется:

- уменьшить мощность основных источников оптического сигнала;
- уменьшить мощность всех применяемых лазеров накачки, включая лазеры обратной накачки.

После снижения мощности уровень оставшейся общей мощности (сумма мощности всех оптических каналов, мощности лазера распределительной Рамановской накачки и мощности вспомогательного оптического канала), не должен превышать уровня опасности 1М (или 3В в случае мест проведения контроля). Не исключено снижение общей мощности до уровня опасности 1 и ниже, до полного отключения.

Рисунок 10 иллюстрирует конфигурацию с лазерами прямой и обратной накачкой на конкретном пролете (теоретически на многих пролетах) системы, в которой используется распределенное Рамановское усиление с приемным/передающим интерфейсами:

- T1, T2 – передающий интерфейс секции;
- R1, R2 – приемный интерфейс секции;
- ЛУ – линейный усилитель;
- ПН – прямая накачка;
- ОН – обратная накачка.

При потере целостности в волоконно-оптическом кабеле (рисунок 11), требуется предпринять ряд действий для обеспечения безопасных условий работы на затронутой линии (верхняя линия). В зависимости от реализации архитектуры вспомогательного оптического канала, необходимо снизить мощность либо только на затронутой линии, либо, кроме того, снизить мощность в обратном направлении (нижняя линия). В любом случае должна быть снижена мощность в прямом направлении (накачки и сигнала) и в обратном направлении (накачки). В примере, показанном на рисунке 11, пропадание сигнала обнаруживается на интерфейсе R2, который должен использоваться для снижения мощности обратной накачки на R2 и мощности в прямом направлении на T1. Мощность в прямом направлении на T2 должна быть достаточно снижена, с тем чтобы вызвать пропадание сигнала на R1, которое должно использоваться для снижения мощности обратной накачки на R1 и мощности в прямом направлении на T1.

Примечание – Следует принять меры, с тем, чтобы возможное наличие обратного отраженного вынужденного Рамановского усиленного излучения не препятствовало правильному функционированию детекторов пропадания сигнала.

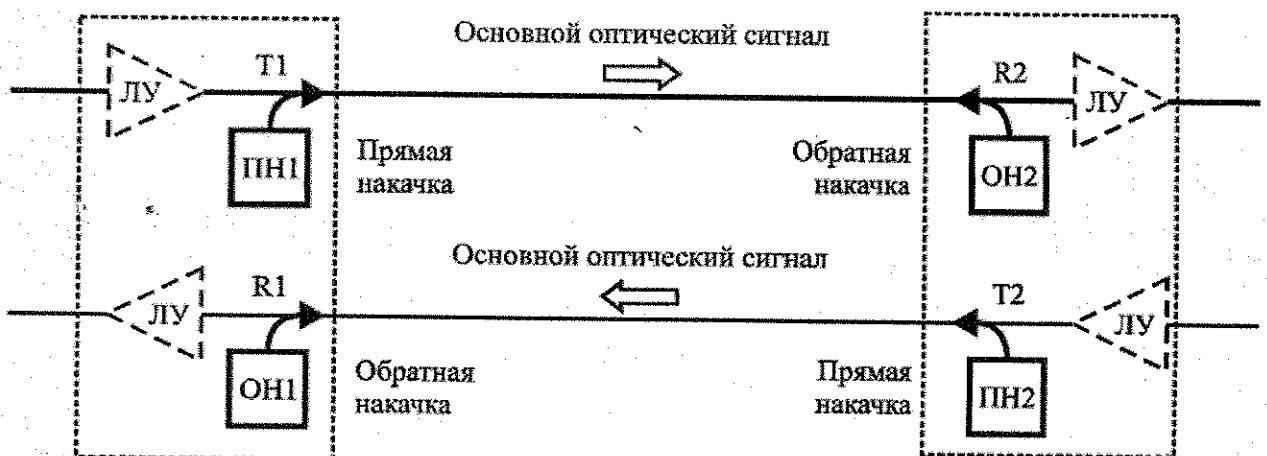


Рисунок 10 – Конфигурация с лазерами прямой и обратной накачки в секции многопролетной системы передачи распределенного Рамановского усиления

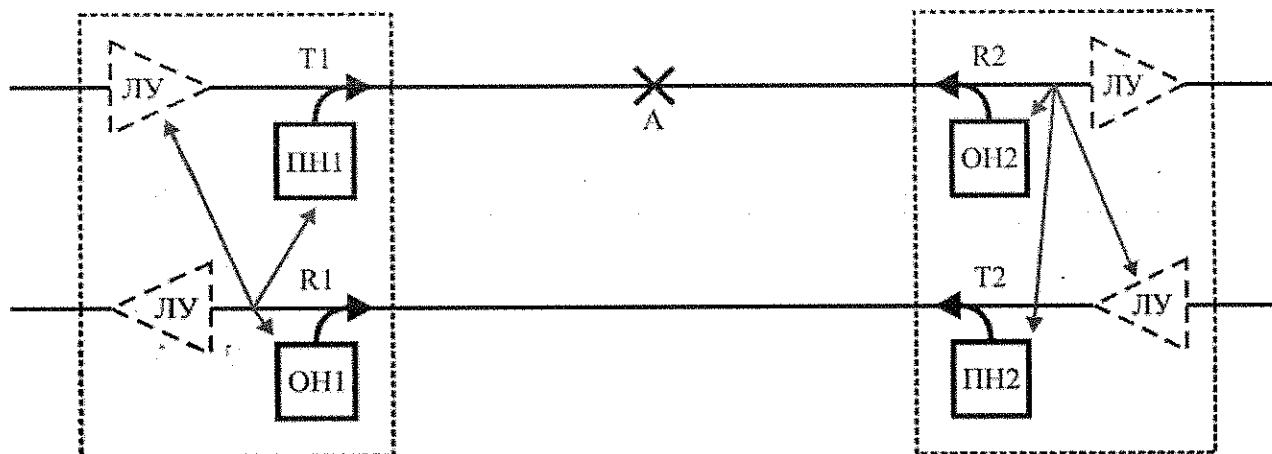


Рисунок 11 – Возможные действия в случае потери целостности в волоконно-оптическом кабеле

6.3 В оборудовании оптического усиления должно быть обеспечено электрическое соединение всех доступных прикосновению металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением, с элементами заземления.

Значение сопротивления между заземляющим болтом (винтом, шпилькой) и каждой доступной прикосновению металлической нетоковедущей частью оборудования, которая может оказаться под напряжением, не должно превышать 0,1 Ω .

6.4 Элементы конструкции оборудования не должны иметь острых углов, кромок, заусенцев и поверхностей с неровностями, представляющих опасность травмирования работающих, если их наличие не определяется функциональным назначением этих элементов. В последнем случае должны быть предусмотрены меры защиты обслуживающего персонала.

6.5 В оборудовании оптического усиления должен присутствовать предупредительный знак «Лазерное излучение», а также должны быть указаны мощность и уровень излучения передаваемого сигнала. В оборудовании, через которое транспортируется оптический сигнал, должна быть функция выключения и/или снижения уровня оптической мощности на выходе ОУ во время обрыва волокна или разъединения пиктейля от ПЕР_о. Временные нормы при автоматическом выключении приведены в O'z DSt 2755.

6.6 Вероятность возникновения пожара от оборудования оптического усиления сигнала не должна превышать значения 10^{-6} в год согласно ГОСТ 12.1.004.

6.7 Корпус оборудования оптического усиления должен выполняться из материала, выполняющего функции электромагнитного экрана.

Приложение А (справочное)

Измерения MPI в волоконно-оптических системах передачи

А.1 Измерение гашения во временной области

В этом методе сигнал в Рамановский усилитель пропускают и задерживают с помощью оптоакустического переключателя. Используя второй переключатель после усилителя, этот сигнал дискретизируют либо в фазе – для измерения собственно сигнала, либо не в фазе – для измерения мощности Релеевского рассеивания. Метод требует быстродействующих опто – акустических переключателей с высокой эффективностью гашения. Это измерение также выполняется с помощью управляемых импульсами устройств оптического спектроанализатора.

А.2 Электрическое измерение

Величину влияния MPI в системе определяют, с использованием фотодиода и электрического анализатора спектра, измеряя шум, созданный биениями между сигналом и этим сигналом с задержкой. Однако Рамановский усилитель создает спонтанное излучение, которое также генерирует шум биения в приемнике. Чтобы определить MPI по этому методу, следует вычесть прочие источники шума. Данный метод связан с калибровкой имитатора MPI и вычитанием излучения ASE, вызывающего шум биений.

O'ZSTANDART AGENTLIGA
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
HAZORATI NI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
JADIV ETISH BOSHQARMASI

Приложение В (справочное)

Анализ потерь от сростков и соединителей

В данном приложении описаны различия в соглашениях об интерфейсах между ITU и IEC для оптических звеньев связи и их компонентов. Рекомендуется обратить внимание на результирующие последствия в методическом различии вычисления потерь в соединителях (разъемах) и стыках.

Как правило, системы и приложения Рекомендаций разрабатывают в ITU, а процедуры тестирования и измерения, а также спецификации устройств разрабатывают в IEC. Каждая организация имеет правила для определения интерфейсов и контрольных точек, которые полностью самосогласованы, но приводят к несколько расходящимся результатам. ITU определяет интерфейсы, показанные на рисунке В.1 как R и S. Интерфейс слева от R считают ПЕР₀. Точки между R и S считают звеном связи или участком линии связи, а точки справа от S считают ПР₀. Действительное расположение контрольной точки может соответствовать или не соответствовать физически доступной точке. Часто такая точка находится внутри волокна, которое следовало бы разрезать, чтобы действительно получить доступ к этому интерфейсу.

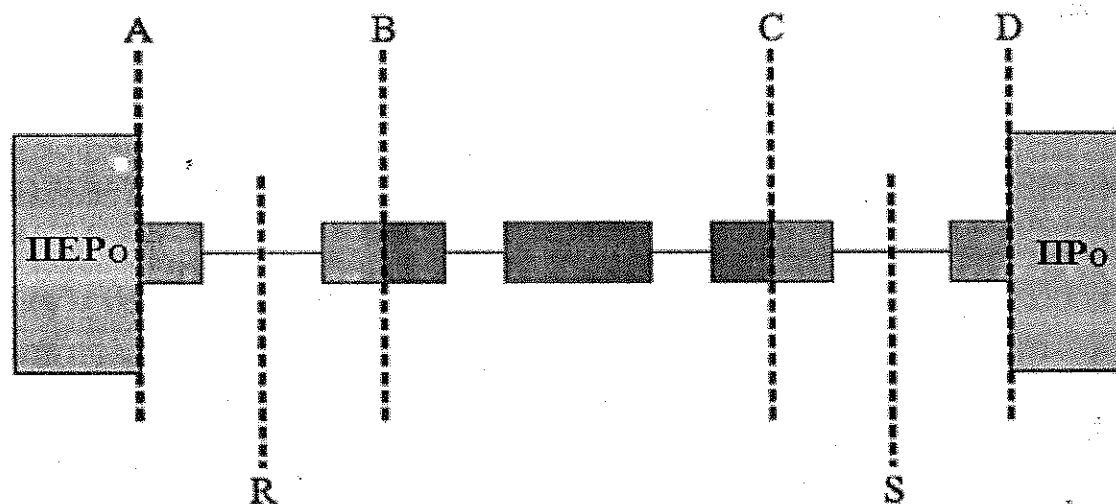


Рисунок В.1 – Пример звена связи с альтернативными интерфейсами

IEC всегда определяет интерфейсы в физических точках таких, как места установки соединителей и сростков. Эти точки показаны на рисунке В.1 как А, В, С и D. Потери определяют, как потери между этими двумя интерфейсами. Мощность измеряют со звеном связи, как это показано, учитывая звено связи без изображенной секции. Например, чтобы измерить потери пары соединителей и устройства (изображенного как

серый ящик) между точками В и С, мощность в приемнике следует измерять с этим устройством, включенным в звено связи. Затем следует измерить эталонную мощность в приемнике с соединителем, присоединенным к точкам В и С, как показано на рисунке В.2. Это покажет потери устройства и одной пары соединителей. Присутствие соединителей дано для иллюстрации. В других случаях интерфейсами могут служить точки сростков. Предполагается, что соединители (или оптические сростки) - всегда одного и того же типа и вносят такие же потери, когда в контексте ИЕС их попарно соединяют или заменяют.

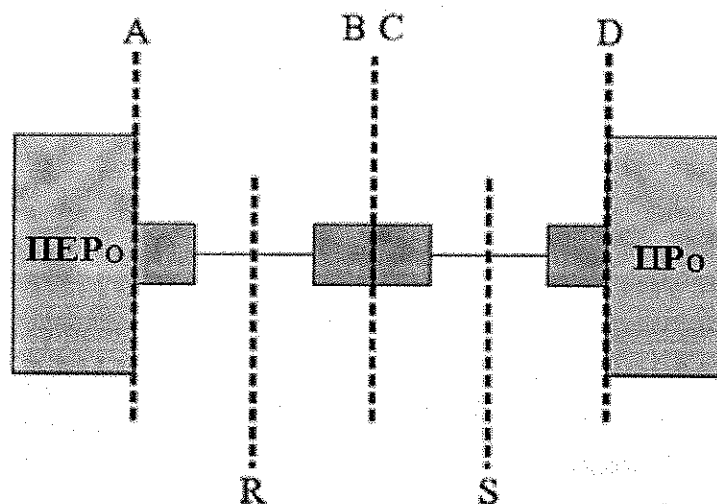


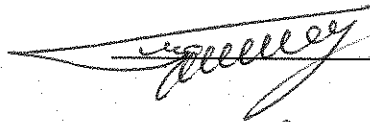
Рисунок В.2 – Эталонная конфигурация для измерения потерь, согласно ИЕС

С точки зрения ITU, потери должны определяться между точками R и S, что в результате дает потери устройства и двух пар соединителей. Интерфейс ITU никогда не определяют, как расположенный посередине соединителя. Поэтому потери участка линии связи по методу ITU будут всегда отличаться от потерь, измеренных по методу ИЕС на потери в одном стыке или соединителе соответственно. Потери на стыке или на соединителе ясно определены в контексте ITU действительными потерями для соединителей между точками интерфейсов. При этом не подразумевают никакой замены соединителей. Пользователю рекомендуется принимать во внимание это различие при сравнении спецификаций устройств и протоколов испытаний (в публикациях ИЕС) с конструкцией звеньев и линий связи (в Рекомендациях ITU).

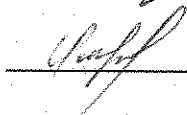
Ключевые слова: распределительный Рамановский усилитель, композитный Рамановский усилитель, прямая накачка, обратная накачка, двусторонняя накачка

O'ZSTANDART AGENTLIGA
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NIZORAT VA MUVOFIDLASHTIRISH VA
TEKNOLOGIYALARINI
RIVOJLANTIRISH VA
KOROLASH

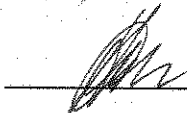
Директор
ООО «АТЕТМ»


Р.Исаев

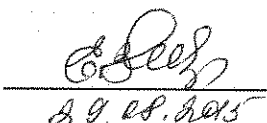
Ст. научный сотрудник
ООО «АТЕТМ»


Х.Исохужаев

Инженер
ООО «АТЕТМ»


Е.Кокумбаева

Нормоконтроль
ГУП «UNICON.UZ»


Е.Синяшина
29.04.2015

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела
телекоммуникационных
технологий и услуг
Министерства по развитию
информационных технологий
и коммуникаций
Республики Узбекистан

З.Зияев
письмо от 14.04.2015
№ 09-8/1054

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального
директора АК «Узбектелеком»

Ж.Махсудов
письмо от 06.04.2015
№ 27-03-46/1240

СОГЛАСОВАНО

Начальник Государственной
инспекции по надзору
в сфере связи, информатизации и
телекоммуникационных технологий

Ф.Умарходжаев
письмо от 01.04.2015
№ 32-13/225

U'ZSTANDART AGENTLIGA
STANDARTLASHTIRISH, DAVLAT
NAZORATINI MUVOFIQLASHTIRISH VA
AXBOROT TEXNOLOGIYALARINI
TARUV ETISH BOSHQARMASI

