



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

G.661

(03/2006)

СЕРИЯ G: СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ,
ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

Характеристики среды передачи и оптических
систем – Волоконно-оптические кабели

**Определение и методы испытаний
соответствующих типовых параметров
устройств и подсистем на базе оптических
усилителей**

Рекомендация МСЭ-Т G.661

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ H
АУДИОВИЗУАЛЬНЫЕ И МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ СИСТЕМЫ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ЦЕПИ	G.100–G.199
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОБЩИЕ ДЛЯ ВСЕХ АНАЛОГОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ	G.200–G.299
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ВЧ-СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ	G.300–G.399
ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ИЛИ СПУТНИКОВЫХ ЛИНИЙ И ИХ СОЕДИНЕНИЕ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПРОВОДНЫМИ ЛИНИЯМИ	G.400–G.449
КООРДИНАЦИЯ РАДИОТЕЛЕФОНИИ И ПРОВОДНОЙ ТЕЛЕФОНИИ	G.450–G.499
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ И ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	G.600–G.699
Общие положения	G.600–G.609
Симметричные кабельные пары	G.610–G.619
Наземные коаксиальные кабельные пары	G.620–G.629
Подводные кабели	G.630–G.639
Оптические системы в свободном пространстве	G.640–G.649
Волоконно-оптические кабели	G.650–G.659
Характеристики оптических компонентов и подсистем	G.660–G.679
Характеристики оптических систем	G.680–G.699
ЦИФРОВОЕ ОКОНЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	G.700–G.799
ЦИФРОВЫЕ СЕТИ	G.800–G.899
ЦИФРОВЫЕ УЧАСТКИ И СИСТЕМА ЦИФРОВЫХ ЛИНИЙ	G.900–G.999
КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ – ОБЩИЕ И СВЯЗАННЫЕ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ АСПЕКТЫ	G.1000–G.1999
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ	G.6000–G.6999
ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ – ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	G.7000–G.7999
АСПЕКТЫ ПЕРЕДАЧИ ПАКЕТОВ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ	G.8000–G.8999
СЕТИ ДОСТУПА	G.9000–G.9999

Для получения более подробной информации просьба обращаться к перечню Рекомендаций МСЭ-Т.

Рекомендация МСЭ-Т G.661

Определение и методы испытаний соответствующих типовых параметров устройств и подсистем на базе оптических усилителей

Резюме

В настоящей Рекомендации содержится определение соответствующих параметров, общих для различных типов оптических усилителей, и также методы испытаний, которые следует по возможности соблюдать при исследовании вышеупомянутых параметров в устройствах и подсистемах на базе оптических усилителей, охватываемых Рекомендациями МСЭ-Т.

Источник

Рекомендация МСЭ-Т G.661 была утверждена 29 марта 2006 года 15-й Исследовательской комиссией МСЭ-Т (2005–2008 гг.) в соответствии с процедурой, изложенной в Рекомендации МСЭ-Т А.8.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Международный союз электросвязи (МСЭ) является специализированным учреждением Организации Объединенных Наций в области электросвязи. Сектор стандартизации электросвязи МСЭ (МСЭ-Т) – постоянный орган МСЭ. МСЭ-Т отвечает за изучение технических, эксплуатационных и тарифных вопросов и за выпуск Рекомендаций по ним с целью стандартизации электросвязи на всемирной основе.

На Всемирной ассамблее по стандартизации электросвязи (ВАСЭ), которая проводится каждые четыре года, определяются темы для изучения Исследовательскими комиссиями МСЭ-Т, которые, в свою очередь, вырабатывают Рекомендации по этим темам.

Утверждение Рекомендаций МСЭ-Т осуществляется в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 ВАСЭ.

В некоторых областях информационных технологий, которые входят в компетенцию МСЭ-Т, необходимые стандарты разрабатываются на основе сотрудничества с ИСО и МЭК.

ПРИМЕЧАНИЕ

В настоящей Рекомендации термин "администрация" используется для краткости и обозначает как администрацию электросвязи, так и признанную эксплуатационную организацию.

Соблюдение положений данной Рекомендации носит добровольный характер. Однако в Рекомендации могут содержаться определенные обязательные положения (например, для обеспечения возможности взаимодействия или применимости), и соблюдение положений данной Рекомендации достигается в случае выполнения всех этих обязательных положений. Для выражения необходимости выполнения требований используется синтаксис долженствования и соответствующие слова (такие, как "должен" и т.п.), а также их отрицательные эквиваленты. Использование этих слов не предполагает, что соблюдение положений данной Рекомендации является обязательным для какой-либо из сторон.

ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на вероятность того, что практическое применение или реализация этой Рекомендации может включать использование заявленного права интеллектуальной собственности. МСЭ не занимает какую бы то ни было позицию относительно подтверждения, обоснованности или применимости заявленных прав интеллектуальной собственности, независимо от того, отстаиваются ли они членами МСЭ или другими сторонами вне процесса подготовки Рекомендации.

На момент утверждения настоящей Рекомендации МСЭ получил извещение об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для выполнения этой Рекомендации. Однако те, кто будет применять Рекомендацию, должны иметь в виду, что это может не отражать самую последнюю информацию, и поэтому им настоятельно рекомендуется обращаться к патентной базе данных БСЭ по адресу: <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© ITU 2007

Все права сохранены. Никакая часть данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких-либо средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Сфера применения	1
2 Справочные документы	1
3 Сокращения	1
4 Классификация	2
5 Определения	3
5.1 Определения для устройств на базе ОУ	6
5.2 Параметры подсистем на базе ОУ	13
6 Методы испытаний	14
Дополнение I – Основные различия между волоконно-оптическими усилителями и полупроводниковыми оптическими усилителями	16
I.1 Общие замечания	16
I.2 Сравнение оптических рабочих характеристик ПОУ и ВОУ	17
I.3 Применения	18
Дополнение II – Параметры окружающей среды, механические, физические параметры, а также параметры надежности устройств и подсистем на базе оптических усилителей	18
II.1 Параметры устройств на базе ОУ	18
II.2 Параметры подсистем на базе ОУ	19
II.3 Методы испытаний на воздействие окружающей среды и на надежность	20
БИБЛИОГРАФИЯ	21

Рекомендация МСЭ-Т G.661

Определение и методы испытаний соответствующих типовых параметров для устройств и подсистем на базе оптических усилителей

1 Сфера применения

Настоящая Рекомендация относится ко всем имеющимся на рынке оптическим усилителям (ОУ) и подсистемам на базе оптических усилителей. Рекомендация относится к ОУ, в которых используются волокна с оптической накачкой (ВОУ на основе волокон, легированных редкоземельными металлами, или на основе рамановского эффекта), полупроводниковые приборы (ПОУ) и волноводы усилители (POWA).

В настоящей рекомендации приводятся определения соответствующих параметров, общих для различных типов ОУ, перечисленных в пункте 5, а также методы испытаний, описанные в пункте 6, которые следует по возможности соблюдать при исследовании вышеупомянутых параметров в устройствах и подсистемах на базе ОУ, охватываемых Рекомендациями МСЭ-Т. Определения параметров, применимых конкретно к распределенным рамановским усилителям, можно найти в Рекомендации МСЭ-Т G.665.

2 Справочные документы

Указанные ниже Рекомендации МСЭ-Т и другие источники содержат положения, которые путем ссылки на них в данном тексте, составляют положения настоящей Рекомендации. На момент публикации указанные издания были действующими. Все Рекомендации и другие источники могут подвергаться пересмотру; поэтому пользователям данной Рекомендации предлагается изучить возможность применения последнего издания Рекомендаций и других источников, перечисленных ниже. Список действующих в настоящее время Рекомендаций МСЭ-Т регулярно публикуется. Ссылка на документ в данной Рекомендации не придает ему как отдельному документу статус рекомендации.

- Рекомендация МСЭ-Т G.662 (2005 г.), Типовые характеристики приборов и подсистем на базе оптических усилителей
- ITU-T Recommendation G.663 (2000), Application related aspects of optical fibre amplifier devices and subsystems.
- Рекомендация МСЭ-Т G.665 (2005 г.), Типовые характеристики рамановских усилителей и рамановских усилительных подсистем.
- IEC 61290 (All Parts), *Basic specification for optical amplifier test methods*.
- IEC 61291-1 (1998), *Optical fibre amplifiers – Part 1: Generic specification*.

Параметры, определенные для ОУ, который рассматривается в целом как "черный ящик", характеризуют его передачу, эксплуатацию, надежность, свойства окружающей среды. В Рекомендации МСЭ-Т G.662 набор указанных параметров определяется в зависимости от типа и назначения конкретного устройства или подсистемы на базе ОУ.

3 Сокращения

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения:

ASE	Amplified Spontaneous Emission		Усиленное спонтанное излучение
BER	Bit Error Ratio	КОБ	Коэффициент ошибок по битам
Bsp-sp	Spontaneous-spontaneous optical bandwidth		Оптическая ширина полосы спонтанно-спонтанного шума
DGD	Differential Group Delay	ДГЗ	Дифференциальная групповая задержка
DOP	Degree of Polarization		Степень поляризации

EDFA	Erbium-Doped (silica-based) Fibre Amplifier		Усилитель на волокне, легированном эрбием (на кремниевой основе)
F	Noise Factor	ПШ	Показатель шума
FIT	Failures In Time		Единица интенсивности отказов
FWHM	Full-Width Half-Maximum		Полная ширина на уровне половины амплитуды
MPI	Multi-Path Interference		Многолучевая интерференция
MTBF	Mean Time Between Failures		Среднее время между отказами
NF	Noise Figure	КШ	Коэффициент шума
OA	Optical Amplifier	ОУ	Оптический усилитель
OAR	Optically Amplified Receiver		Приемник с оптическим усилением
OAT	Optically Amplified Transmitter		Передатчик с оптическим усилением
OFA	Optical Fibre Amplifier	ВОУ	Волоконно-оптический усилитель
OSA	Optical Spectrum Analyser		Оптический спектроанализатор
PDG	Polarization-Dependent Gain		Усиление, зависящее от поляризации
PDL	Polarization Dependent Loss		Потери, зависящие от поляризации
PMD	Polarization Mode Dispersion		Дисперсия мод поляризации
POWA	Planar Optical Waveguide Amplifier		Планарный оптический волноводный усилитель
PSP	Principal State of Polarization	ОСП	Основное состояние поляризации
SNR	Signal-to-Noise Ratio	ОСШ	Отношение сигнал/шум
SOA	Semiconductor Optical Amplifier	ПОУ	Полупроводниковый оптический усилитель
SOP	State Of Polarization	СП	Состояние поляризации
TM	Test Method	МИ	Метод испытаний

4 Классификация

Различные категории применений ОУ определяются в зависимости от используемой технологии и использования самого ОУ. Классификация технологий оптических усилителей также приводится в стандарте IEC 61292-3.

Эти категории обозначаются заглавной буквой, цифрой и строчной буквой следующим образом:

Заглавная буква

- A ВОУ с использованием волокон на кремниевой основе, легированных ионами эрбия для создания активного волокна
- B ВОУ с использованием активных волокон, легированных другими материалами
- C Рамановские усилители
- D ПОУ
- E POWA

Число

- 1 Усилители мощности (выходные усилители или бустерные усилители)
- 2 Предусилители

- 3 Линейные усилители
- 4 OAT (Передачик с оптическим усилением)
- 5 OAR (Приемник с оптическим усилением)
- 6 Усилитель с распределенным усилением
- 7 Композитные усилители с распределенным усилением и дискретные усилители

Строчная буква

- a Усилители для аналоговой одноканальной передачи (длина волны)
- b Усилители для цифровой одноканальной передачи (длина волны)
- c Усилители для цифровой многоканальной передачи (длина волн)

ПРИМЕР. – Категория A2b относится к оптическим предусилителям для одноканальной цифровой передачи, в которых используется волокно на кремниевой основе, легированное ионами эрбия.

Усилитель мощности – это устройство на базе ОУ с высоким значением мощности насыщения, предназначенное для использования непосредственно на выходе оптического передатчика для увеличения уровня мощности сигнала.

Предусилитель – это устройство на базе ОУ с очень низким уровнем шума, предназначенное для использования непосредственно на входе оптического приемника для увеличения его чувствительности.

Линейный усилитель – это устройство на базе ОУ с низким уровнем шума, предназначенное для использования между участками пассивного волокна для увеличения расстояния, охватываемого перед тем, как возникает необходимость в регенерации, или в соответствии с соединением "из пункта во многие пункты" для компенсации потерь вследствие ответвления в сети оптического доступа.

OAT – это подсистема на базе ОУ, в которой усилитель мощности объединен с оптическим передатчиком, что обеспечивает повышение мощности передатчика.

OAR – это подсистема на базе ОУ, в которой предусилитель объединен с оптическим приемником, что обеспечивает повышение чувствительности приемника.

Усилитель с распределенным усилением – это конфигурация устройства, которая обеспечивает усиление по увеличенной длине оптического волокна, используемого для передачи, как при рамановской накачке, и таким образом распределенного по части или по всему расстоянию передачи.

Композитные усилители с распределенным усилением и дискретные усилители определены в Рекомендации МСЭ-Т G.665.

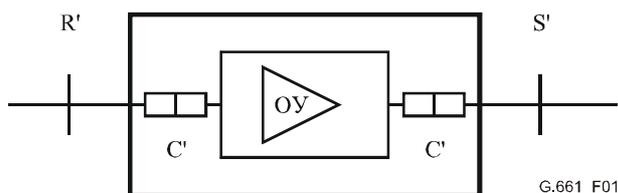
5 Определения

Список определений параметров ОУ, приведенный ниже в этом пункте, делится на две части. В первой части перечислены те параметры, которые относятся к устройствам ОУ, таким как усилители мощности, предусилители, линейные усилители, усилители с распределенным усилением. Во второй части списка перечислены параметры, относящиеся к простым подсистемам, таким как передатчики с оптическим усилением (OAT) и приемники с оптическим усилением (OAR).

Если значение параметра дано для конкретного устройства, необходимо указать некоторые соответствующие условия эксплуатации, такие как температура, ток смещения, мощность оптического излучения накачки и т. д. В этом пункте рассматриваются два различных варианта условий эксплуатации: номинальные условия эксплуатации, которые по замыслу производителя соответствуют обычному использованию ОУ, и ограничивающие условия эксплуатации, в которых все параметры, регулируемые пользователем (например, температура, коэффициент усиления, инжекционный ток лазера накачки и т. д.), имеют максимальные значения, в соответствии с предельными максимальными величинами, указанными производителем.

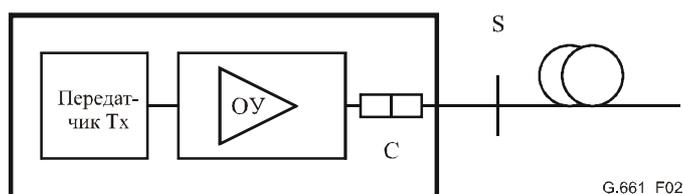
ОУ рассматривается как "черный ящик", как показано на рисунке 1. Устройство на базе ОУ имеет два оптических порта, а именно порт входа и порт выхода. OAT и OAR рассматриваются как ОУ, объединенные, соответственно, с передатчиком или приемником. При обоих видах объединения

подразумевается, что соединение между передатчиком или приемником и ОУ может быть нестандартным и не подлежит определению. Следовательно, для ОАТ может определяться только порт оптического выхода (после ОУ, как показано на рисунке 2), а для ОАР может определяться только порт оптического входа (перед ОУ, как показано на рисунке 3). Оптические порты могут состоять из незамкнутых волокон или оптических соединителей. Также необходимы электрические соединения для источника питания (не показаны на рисунках 1–3). Следуя такому подходу с использованием принципа "черного ящика", потери в обоих парах соединителей (обозначены С или С', см. рисунки 1–3) непосредственно связано с устройством, и к значению коэффициента усиления, коэффициента шума и других параметров устройств на базе ОУ добавится соответствующая погрешность.



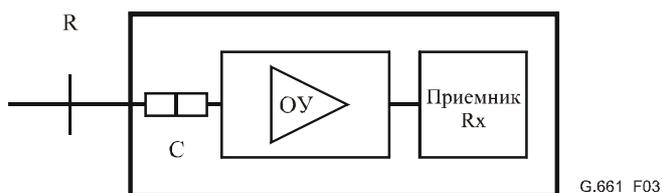
S' – Эталонная точка на оптическом волокне сразу после оптического соединения (C') устройства на базе ОУ
R' – Эталонная точка на оптическом волокне сразу перед оптическим соединением (C') устройства на базе ОУ

Рисунок 1/G.661 – Эталонная схема устройства на базе ОУ



S – Эталонная точка на оптическом волокне сразу после оптического соединения (C) ОАТ

Рисунок 2/G.661 – Эталонная схема ОАТ



R – Эталонная точка на оптическом волокне сразу перед оптическим соединением (C) ОАР

Рисунок 3/G.661 – Эталонная схема ОАР

Следует отметить, что конфигурации на рисунках 1–3 изображены в контексте эталонных точек МСЭ-Т. Это означает, что для черного ящика ОУ включены потери в двух парах соединителей, а не в одной. В эталонных плоскостях МСЭ-Т потери в соединителях обычно учитывается иначе, как показано в Рекомендации МСЭ-Т G.662. Более подробно этот вопрос рассматривается в Дополнении III к Рекомендации МСЭ-Т G.655. Рекомендуется, чтобы пользователь принял во внимание соответствующее различие в величине потерь.

ОУ усиливает сигналы в области номинальной рабочей длины волны. Кроме того, другие сигналы за пределами диапазона рабочей длины волны в некоторых случаях могут попадать в ОУ. Результат воздействия этих внеполосных сигналов, их длины волн или область длин волн, может указываться в подробных спецификациях.

В тех случаях, когда в ОУ попадают сигналы на нескольких длинах волн, как например, в многоканальных системах, требуется подходящая корректировка определений некоторых существующих соответствующих параметров, а также введение определений новых параметров, соответствующих такому отличающемуся применению.

На рисунке 4 показана типовая конфигурация ОУ для случая многоканального применения. На передающей стороне с n оптических передатчиков Tx1, Tx2, . . . Txn поступает n сигналов, каждый из которых передается на индивидуальной длине волны $\lambda_1, \lambda_2, . . . \lambda_n$, соответственно, и которые объединяются в оптическом мультиплексоре (ОМ). На принимающей стороне n сигналов на длинах волн $\lambda_1, \lambda_2, . . . \lambda_n$, разделяются в оптическом демультиплексоре (ОД) и распределяются по отдельным оптическим приемникам Rx1, Rx2, . . . Rxn, соответственно. Для описания ОУ в случае такого многоканального применения, на порте входа и порте выхода ОУ, соответственно, определяются входная и выходная эталонные плоскости, как показано на рисунке 4.

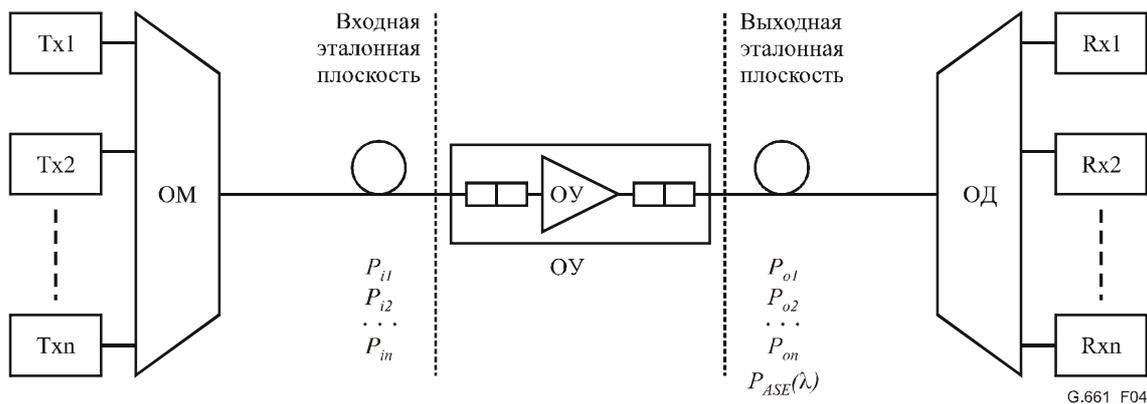


Рисунок 4/G.661 – Оптический усилитель в случае многоканального применения

На входной эталонной плоскости учитываются n входных сигналов на n длинах волн, каждый из которых имеет свой индивидуальный уровень мощности $P_{i1}, P_{i2}, . . . P_{in}$, соответственно. На выходной эталонной плоскости учитываются n выходных сигналов на n длинах волн, возникающих в результате оптического усиления n соответствующих входных сигналов и имеющих уровни мощности $P_{o1}, P_{o2}, . . . P_{on}$, соответственно. Кроме того, на порте выхода ОУ необходимо также учитывать усиленное спонтанное излучение (ASE) со спектральной плотностью мощности шума $P_{ASE}(\lambda)$.

Следует отметить, что положение эталонных плоскостей на рисунке 2 показано в контексте спецификации, обычно используемой в Рекомендациях МСЭ-Т. В спецификации МЭК потери в соединителях определяются по-другому. Более подробно этот вопрос рассматривается в Дополнении III к Рекомендации МСЭ-Т G.655.

Большинство определений соответствующих параметров для одного канала вполне могут быть распространены на область многоканальных применений. В случае прямого распространения в соответствующем параметре используется слово "канал". В частности, коэффициент шума и коэффициент сигнал-спонтанного шума могут быть распространены на область многоканальных применений, для каждого канала, учитывая значение $P_{ASE}(\lambda)$ для каждой длины волны канала и ширины полосы сигнала в канале. Для каждой длины волны канала имеется индивидуальное значение коэффициента шума, представляющее собой функцию уровня мощности всех сигналов на входе. В этом случае вводятся параметры коэффициента шума в канале и коэффициента сигнал-спонтанного шума в канале. Также требуется определить несколько дополнительных параметров. Для каждого параметра требуется определить отдельную многоканальную конфигурацию, включая полный набор длин волн сигнала в канале и входные мощности.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Кроме особо оговоренных случаев, приводимые далее мощности оптического излучения являются усредненными.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Определенные ниже параметры будут в целом зависеть также от температуры и состояния поляризации входных каналов. Значение температуры и состояния поляризации должно оставаться постоянным или управляемым или измеряться и сообщаться вместе с измеряемым параметром.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – В случае усилителя с распределенным усилением все параметры относятся к соответствующему эталонному волокну, используемому для имитации передающего волокна в соединении с модулем накачки.

5.1 Определения для устройств на базе ОУ

Определения, перечисленные в этом пункте, относятся к значению терминов, используемых в спецификациях устройств ОУ.

5.1.1. Коэффициент усиления: возрастание мощности излучения оптического сигнала в ОУ от эталонной точки R' на входе до эталонной точки S' на выходе, выраженное в дБ.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Следует позаботиться о том, чтобы усиленная мощность спонтанного излучения была исключена из мощности излучения оптического сигнала, как на входе, так и на выходе.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Настоящее определение отличается от соответствующего определения МЭК тем, что оно учитывает влияние любых соединителей, непосредственно связанных с устройством на базе ОУ, как на входе, так и на выходе.

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

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

5.1.3 Коэффициент обратного усиления слабого сигнала: коэффициент усиления слабого сигнала, измеренный в обратном направлении, т. е. от выходного порта к входному порту.

5.1.4 Максимальный коэффициент усиления слабого сигнала: наибольший коэффициент усиления слабого сигнала, которого можно достичь, когда ОУ эксплуатируется при установленных номинальных условиях эксплуатации.

5.1.5 Длина волны максимального коэффициента усиления слабого сигнала: длина волны, при которой достигается максимальный коэффициент усиления слабого сигнала.

5.1.6 Изменение максимального коэффициента усиления слабого сигнала в зависимости от температуры: изменение коэффициента усиления слабого сигнала при изменении температуры в определенном диапазоне, выраженное в дБ.

5.1.7 Крутизна амплитудно-частотной характеристики при работе на одной длине волны: производная коэффициента усиления тестового сигнала с малым уровнем в зависимости от длины волны, взятая на длине волны сигнала, в присутствии сигнала заданной длины волны и входной мощности, выраженная в дБ/нм.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Для сведения к минимуму влияния на коэффициент усиления профиля длины волны, общий уровень средней мощности тестового сигнала должен быть не менее, чем на 20 дБ ниже уровня входного сигнала.

5.1.8 Изменение коэффициента усиления слабого сигнала на длине волны: полный размах колебаний коэффициента усиления слабого сигнала в заданном диапазоне длин волн.

5.1.9 Стабильность коэффициента усиления слабого сигнала: степень изменения коэффициента усиления слабого сигнала, выраженная отношением (в дБ) максимального и минимального значения коэффициента усиления слабого сигнала за определенный указанный период испытаний при номинальных условиях эксплуатации.

5.1.10 Стабильность выхода при большом сигнале: степень изменения мощности излучения оптического сигнала на выходе, выраженная отношением (в дБ) максимальной и минимальной мощности оптического излучения выходного сигнала за определенное указанное время испытаний при номинальных условиях эксплуатации и указанной мощности оптического излучения большого входного сигнала.

5.1.11 Усиление, зависящее от поляризации (PDG): максимальное изменение коэффициента усиления ОУ из-за изменения состояния поляризации входного сигнала при номинальных условиях эксплуатации.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Источником PDG в ОУ являются потери, зависящие от поляризации, которые вносят пассивные компоненты, используемые в ОУ.

5.1.12 Выходная мощность насыщения (мощность сжатия коэффициента усиления): уровень мощности оптического излучения, связанный с выходным сигналом, при котором коэффициент усиления уменьшается на N дБ (обычно $N = 3$) по отношению к коэффициенту усиления слабого сигнала при заданной длине волны сигнала.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Должна быть задана длина волны, при которой определяется параметр.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – При необходимости должны быть заданы мощность оптического излучения накачки для ВОУ или ток накачки для ПОУ.

5.1.13 Номинальная мощность выходного сигнала: мощность излучения оптического сигнала на выходе для указанной мощности излучения оптического сигнала на входе при номинальных условиях эксплуатации.

5.1.14 Максимальная мощность выходного сигнала: наибольшая мощность излучения оптического сигнала, которая может быть получена на выходе ОУ при номинальных условиях эксплуатации.

5.1.15 Диапазон изменения входной мощности: диапазон изменения уровней мощности излучения оптического сигнала на входе, для которого соответствующая мощность излучения выходного оптического сигнала лежит в указанном диапазоне изменения выходной мощности при обеспечении характеристик ОУ.

5.1.16 Диапазон изменения выходной мощности: диапазон изменения уровней мощности излучения оптического сигнала на выходе ОУ, для которого соответствующая мощность излучения входного оптического сигнала лежит в указанном диапазоне изменения входной мощности при обеспечении характеристик ОУ.

5.1.17 Коэффициент шума (КШ) (применимо только к устройствам на базе ОУ): уменьшение отношения сигнал/шум (ОСШ) на выходе оптического детектора с единичным квантовым выходом при прохождении через ОУ сигнала с ограниченным уровнем дробовых шумов, выраженное в дБ.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Должны быть заданы условия эксплуатации, при которых определяется коэффициент шума.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Эта характеристика может быть задана при дискретной длине волны или в виде функции длины волны.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Увеличение коэффициента шума ОУ можно отнести за счет влияния множества составляющих, например сигнал-спонтанного шума биений, спонтанно-спонтанного шума биений, шума за счет внутренних отражений, дробового шума сигнала и дробового спонтанного шума. Каждое из этих влияний зависит от многих условий, которые необходимо заранее указать для правильной оценки коэффициента шума.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Коэффициент шума, по определению, является положительной величиной.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Для ОУ, используемых в аналоговых применениях, коэффициент шума также представляет собой отношение между входным и выходным значениями отношения несущая/шум.

5.1.18 Уровень мощности прямого усиленного спонтанного излучения (ASE): мощность оптического излучения в указанном диапазоне длин волн, связанная с ASE, исходящим от выходного порта при номинальных условиях эксплуатации.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Это параметр особенно важен, когда ОУ используются в качестве предусилителей и линейных усилителей и зависит, главным образом, от используемого фильтра.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Необходимо задать условия эксплуатации (например, коэффициент усиления, мощность оптического излучения входного сигнала), при которых определяется уровень ASE.

5.1.19 Уровень мощности обратного ASE: мощность оптического излучения на определенной длине волны, связанная с ASE, исходящим от оптического входного порта при номинальных условиях эксплуатации.

5.1.20 Максимальное отражение входного оптического сигнала: максимальная часть мощности падающего оптического излучения на рабочей длине волны и при всех состояниях входной поляризации света, отраженная входным портом ОУ, выраженная в дБ, при номинальных определенных условиях эксплуатации.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Измерение проводится при заданной мощности оптического излучения входного сигнала.

5.1.21 Обратное отражение выходного оптического сигнала (не применимо к приемникам с оптическим усилением): часть мощности падающего оптического излучения на рабочей длине волны, отраженная от выходного порта ОУ, выраженная в дБ, при номинальных условиях эксплуатации.

5.1.22 Максимально допустимое обратное отражение оптического сигнала на входе: максимальная часть мощности, исходящая с входного оптического порта ОУ, выраженная в дБ, при отражении которой обратно в ОУ, устройство все еще отвечает своим техническим характеристикам.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Измерения проводятся при заданной мощности оптического излучения входного сигнала.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Коэффициент шума является наиболее чувствительным к этому отражению.

5.1.23 Максимально допустимое обратное отражение оптического сигнала на выходе: максимальная часть мощности, исходящая с выходного оптического порта ОУ, выраженная в дБ, при отражении которой обратно в ОУ, устройство все еще отвечает своим техническим характеристикам.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Измерения проводятся при заданной мощности оптического излучения входного сигнала.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Коэффициент шума является наиболее чувствительным к этому отражению.

5.1.24 Просачивание излучения накачки на выход: мощность оптического излучения накачки, излучаемая выходным портом ОУ.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Измерения проводятся при заданной мощности оптического излучения входного сигнала.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Максимальное просачивание излучения накачки на выход может происходить при отсутствии входного сигнала.

5.1.25 Просачивание излучения накачки на вход: мощность оптического излучения накачки, излучаемая входным портом ОУ.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Измерения проводятся при заданной мощности оптического излучения входного сигнала.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Максимальное просачивание излучения накачки на выход может происходить при отсутствии входного сигнала.

5.1.26 Внеполосные вносимые потери: вносимые потери ОУ для сигнала при определенной внеполосной длине (длинах) волны (волн).

5.1.27 Обратные внеполосные вносимые потери: вносимые потери ОУ для сигнала при определенной внеполосной длине (длинах) волны (волн), измеренные в обратном направлении, т. е. от выходного порта к входному порту.

5.1.28 Требования по питанию и управлению: электрические токи и/или напряжения, а также электрические сигналы, необходимые для работы ОУ при заданных максимальных значениях параметров. Также включаются допустимые отклонения по электропитанию и процедуры включения и выключения.

5.1.29 Максимальное потребление мощности: электроэнергия, потребляемая ОУ, работающим при абсолютных максимальных значениях параметров.

5.1.30 Общая максимальная выходная мощность: наибольший уровень мощности оптического излучения на выходном порте ОУ, работающего при абсолютных максимальных значениях параметров.

5.1.31 Рабочая температура: диапазон температур, в пределах которого ОУ может эксплуатироваться, сохраняя все установленные для него значения параметров.

5.1.32 Оптические соединения: соединитель и/или волокно определенного типа, используемое в качестве входных и/или выходных портов ОУ.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Оптические, механические, а также относящиеся к окружающей среде характеристики и показатели оптических соединителей и соединительных кабелей должны соответствовать стандартам IEC 60874-1 и IEC 60793-2, соответственно.

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

ПРИМЕЧАНИЕ. – Уровень PMD может зависеть от температуры и условий эксплуатации.

5.1.34 Основные состояния поляризации (ОСП): два взаимно ортогональных входных состояния поляризации, для которых соответствующие выходные состояния поляризации (СП) не зависят от частоты оптической гармоники первого порядка, при заданной частоте (или длине волны).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Оптическое волокно, компонент или подсистема обычно характеризуются двумя ОСП, которые представляют собой функцию от присущего материалу эффекта двойного лучепреломления и индуцированного внешних и внутренних растяжений, воздействующих на него.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – ДГЗ между этими двумя ОПС зависит от продолжительности работы и длины волны.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Сигнал, СП которого выровнен с одним из ОСП, не зависит от величины PMD, по крайней мере, до первого порядка.

5.1.35 Степень поляризации (DOP) (применимо к устройствам накачки для волоконных рамановских усилителей) – значение для каждой длины волны излучения источника оптической накачки:

$$\frac{P_{\max} + P_{\min}}{P_{\max} + P_{\min}}$$

выраженное в процентах, где P_{\max} и P_{\min} – соответственно, максимальная и минимальная выходные мощности оптического излучения источника накачки при всех состояниях поляризации на данной длине волны излучения, измеренное в пределах определенной ширины полосы.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В связи с тем, что рамановский эффект, на основе которого работают рамановские усилители, зависит от поляризации, степень поляризации может оказывать влияние на коэффициент усиления усилителя, зависящий от поляризации.

ПРИМЕЧАНИЕ 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 поляризации излучения на каждой длине волны, а не просто степень поляризации общего выходного оптического излучения.

5.1.36 Показатель шума (ПШ): коэффициент шума, представленный в линейной форме.

5.1.37 Критерий качества при многолучевой интерференции (МПИ): составляющая коэффициента шума, вызванная многолучевой интерференцией, проинтегрированная по всем основным частотным диапазонам (от нуля до бесконечности)

ПРИМЕЧАНИЕ. – Например, многолучевая интерференция может быть вызвана последовательными частичными отражениями в оптическом тракте.

5.1.38 Критерий качества для двойного релеевского рассеяния: составляющая коэффициента шума, вызванная многолучевой интерференцией из-за двойного релеевского рассеяния, проинтегрированная по всем основным частотным диапазонам (от нуля до бесконечности)

ПРИМЕЧАНИЕ. – Двойное релеевское рассеяние в особенности характерно для волоконных рамановских усилителей, как с распределенным усилением, так и дискретных, из-за больших длин усиливающих волокон, приводящих наряду с усилением к значительному рассеянию света. В других волоконных усилителях с высоким коэффициентом усиления также может наблюдаться этот эффект. Его вклад становится больше при более высоких уровнях усиления.

5.1.39 Частотно-независимая составляющая коэффициента шума: коэффициент шума за вычетом составляющей, вызванной многолучевой интерференцией.

5.1.40 Коэффициент сигнал-спонтанного шума ($NF_{\text{sig-sp}}$): составляющая коэффициента шума, вызванная сигнал-спонтанным шумом биений, выраженная в дБ.

5.1.41 (Эквивалентная) оптическая ширина полосы спонтанно-спонтанного шума ($B_{\text{sp-sp}}$): эквивалентная ширина полосы оптического сигнала, на которую надо умножить квадрат спектральной плотности мощности ASE (ρ_{ase}) на оптической частоте сигнала (ν_{sig}), чтобы получить интеграл возведенной в квадрат спектральной плотности мощности ASE во всей полосе ASE (B_{as}) т. е.:

$$B_{\text{sp-sp}} = \rho_{\text{ase}}^{-2}(\nu_{\text{sig}}) \cdot \int_{B_{\text{ase}}} \rho_{\text{ase}}^2(\nu) d\nu.$$

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Эквивалентную оптическую ширину полосы спонтанно-спонтанного шума можно свести к минимуму путем использования оптического фильтра на выходе ОУ.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Этот параметр связан с генерацией спонтанно-спонтанного дробового шума, и поэтому спектральную плотность мощности ASE необходимо возвести в квадрат.

5.1.42 Эффективный коэффициент шума (применимо только к усилителям с распределенным усилением): уменьшение отношения сигнал/шум (ОСШ) на выходе оптического детектора с единичной квантовой эффективностью из-за прохождения по оптическому волокну, обеспечивающему распределенное усиление, сигнала с ограниченным уровнем дробовых шумов в режиме с включенной накачкой по отношению к режиму с выключенной накачкой, выраженное в дБ.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Эффективный коэффициент шума отличается от коэффициента шума тем, что он не сравнивает ОСШ на выходе с ОСШ на входе усилителя. Поэтому увеличение мощности сигнала, связанное с изменением ОСШ, является эффективным усилением, а не просто усилением. В частности, для эффективного коэффициента шума из составляющей сигнал-спонтанного шума, которую можно рассчитать как разность между мощностью ASE и коэффициентом усиления, выраженную в дБ, далее вычитается величина пассивных потерь между входом и выходом. Поэтому эффективный коэффициент шума при распределенном усилении, выраженный в дБ, может быть отрицательным.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Эффективный коэффициент шума можно трактовать как коэффициент шума эквивалентного дискретного оптического усилителя, размещенного на конце оптического волокна, который создает эффективное усиление и такую же выходную мощность ASE, что и усилитель с распределенным усилением. Поскольку в усилителе с распределенным усилением ASE, создаваемое в волокне, также частично сокращается вследствие затухания в этом волокне, выходная мощность ASE может быть меньше физически реализуемой в таком дискретном усилителе.

5.1.43 Эквивалентный коэффициент сигнал-спонтанного шума (применимо только к усилителям с распределенным усилением): составляющая коэффициента шума, вызванная сигнал-спонтанным шумом биений.

5.1.44 Ширина полосы ASE: разность двух длин волн выходного спектра ASE, на которых уровень выходного ASE уменьшается на определенную величину по сравнению с максимальным значением.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Уменьшение в пределах от 30 до 40 дБ считается приемлемым.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Из-за возможного искажения измеренного спектра, например, вследствие просачивания излучения накачки, может потребоваться соответствующая экстраполяция.

5.1.45 Внутриполосные вносимые потери (применимо только к устройствам на базе ОУ): вносимые потери ОУ для сигнала при заданной длине волны входного сигнала и заданном уровне мощности сигнала в условиях, когда электропитание не подается.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Данное свойство может быть описано при дискретной длине волны или в виде функции от длины волны.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Следует помнить, что при измерении этого параметра необходимо исключить влияние ASE на выходе.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Внутриполосное вносимое затухание является функцией от уровня мощности входного сигнала.

5.1.46 Коэффициент максимально допустимого отражения на входе и на выходе (применимо только к устройствам на базе ОУ): Максимальное значение коэффициента отражения двух одинаковых отражателей, одновременно установленных на входном и выходном портах ОУ, при котором ОУ все еще соответствует техническим характеристикам.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Измерение выполняется при заданной мощности оптического сигнала на входе.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Коэффициент шума является параметром, который в наибольшей степени зависит от коэффициента отражения.

5.1.47 Диапазон длин волн для заданной мощности (применимо только к усилителям мощности): Диапазон длин волн, в пределах которого мощность выходного сигнала ОУ удерживается в определенном диапазоне выходных мощностей, при этом мощность входного сигнала лежит в определенном диапазоне входных мощностей.

5.1.48 Доступный диапазон длин волн сигнала (применимо только для предусилителей с оптическим(ими) фильтром(ами)): результирующий диапазон длин волн для предусилителя на базе ОУ, учитывающий влияние оптического(их) фильтра(ов).

5.1.49 Перестраиваемый диапазон длин волн (только для предусилителей и приемников с оптическим усилением с перестраиваемым(ыми) оптическим фильтром(ами)): диапазон длин волн в

котором может перестраиваться установленный в предусилителе на базе ОУ перестраиваемый(ые) оптический(ие) фильтр(ы).

5.1.50 Коэффициент усиления канала (для многоканального применения): Коэффициент усиления для каждого канала (на длине волны λ_j), выраженный в дБ, при определенной многоканальной конфигурации.

Коэффициент усиления канала можно описать следующей формулой (P_{ij} и P_{oj} , соответственно, уровни входной и выходной мощности, в дБм, j -го канала, при $j = 1, 2, \dots, n$; n – общее число каналов):

$$G_j = P_{oj} - P_{ij}.$$

ПРИМЕЧАНИЕ. – Поскольку уровень мощности насыщения усилителя определяется совместным влиянием входных сигналов на всех длинах волн, коэффициент усиления канала является зависимым от уровней входных мощностей всех сигналов.

5.1.51 Многоканальное изменение коэффициента усиления (межканальная разность коэффициента усиления) (для многоканальной работы): разность между коэффициентами усиления канала двух любых каналов, выраженная в дБ, для определенной многоканальной конфигурации.

Многоканальное изменение коэффициента усиления можно описать следующей формулой (G_j и G_l , соответственно, коэффициенты усиления канала для j -го и l -го канала, при $j, l = 1, 2, \dots, n$; $j \neq l$; n – общее число каналов):

$$\Delta G_{jl} = G_j - G_l.$$

ПРИМЕЧАНИЕ. – Обычно этот параметр определяется как максимальное многоканальное изменение коэффициента усиления, при этом имеется в виду максимальное абсолютное значение многоканального изменения коэффициента усиления, учитывающее все возможные комбинации пар каналов. Уровни входной мощности обычно устанавливаются на минимальное и максимальное определенные значения. Уровни входной мощности могут также определяться таким образом, чтобы получить конкретные значения коэффициента усиления или уровни общей выходной мощности. Максимальное многоканальное изменение коэффициента усиления можно описать следующей формулой:

$$\Delta G_{MAX} = MAX_{j,l} \left\{ \left| \Delta G_{jl} \right| \right\}.$$

5.1.52 Перекрестное насыщение коэффициента усиления (для многоканальной работы): отношение изменения коэффициента усиления канала для одного канала (ΔG_j), к заданному изменению уровня входной мощности другого канала (ΔP_l), выраженное в дБ на дБ, при неизменных уровнях входной мощности всех остальных каналов, при определенной многоканальной конфигурации.

Коэффициент усиления перекрестного насыщения может быть выражен следующей формулой ($j, l = 1, 2, \dots, n$; $j \neq l$; n – общее число каналов):

$$GXS_{jl} = \Delta G_j / \Delta P_l.$$

ПРИМЕЧАНИЕ. – Обычно, этот параметр определяется для изначального распределения входной мощности по каналу, при котором в каждом канале присутствует минимально допустимый уровень мощности. В спецификации соответствующего изделия могут указываться и другие виды искажений.

5.1.53 Разность изменения многоканального коэффициента усиления (межканальная разность изменения коэффициента усиления) (для многоканальной работы): разность изменения коэффициента усиления одного канала по отношению к изменению коэффициента усиления другого канала для двух определенных наборов входных мощностей каналов, выраженная в дБ, при определенном распределении каналов.

Разность изменения многоканального коэффициента усиления может быть выражена следующим образом ($G_j^{(1)}$, $G_j^{(2)}$ и $G_l^{(1)}$, $G_l^{(2)}$ – коэффициенты усиления каналов j -го и l -го канала для каждого из двух определенных наборов входных мощностей каналов, соответственно, (1) и (2), а $j, l = 1, 2, \dots, n$; n – общее число каналов):

$$GD_{jl} = \left[G_j^{(1)} - G_j^{(2)} \right] - \left[G_l^{(1)} - G_l^{(2)} \right].$$

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Обычно два определенных набора входных мощностей каналов представляют собой: (1) все уровни входных мощностей, установленные на минимальное значение и (2) все уровни входных мощностей, установленные на максимальное значение.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Обычно определяется максимальная разность изменения многоканального коэффициента усиления. В спецификации соответствующего изделия могут быть определены и другие наборы входных условий.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Для ОУ, используемого в качестве предусилителя или линейного усилителя, может иметь значение уровень мощности прямого ASE. В этом случае, входная мощность канала будет учитывать влияние прямого ASE.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Этот параметр может использоваться вместо наклона многоканального коэффициента усиления в тех случаях, когда не может применяться определение наклона коэффициента усиления.

5.1.54 Наклон многоканального коэффициента усиления (межканальный коэффициент изменения коэффициента усиления): отношение изменений коэффициента усиления каждого канала к изменению коэффициента усиления эталонного канала, выраженное в дБ, при изменении входных условий с одного набора входных мощностей каналов на другой набор входных мощностей каналов.

Наклон многоканального коэффициента усиления может быть выражен следующим образом ($G_j^{(1)}$, $G_j^{(2)}$ и $G_r^{(1)}$, $G_r^{(2)}$ соответственно, коэффициенты усиления канала j -го и эталонного каналов для каждого из двух определенных наборов входных мощностей каналов, $j = 1, 2, \dots, n$; n – общее число каналов):

$$GT_j = [G_j^{(1)} - G_j^{(2)}] / [G_r^{(1)} - G_r^{(2)}].$$

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Наклон многоканального коэффициента усиления обычно используется для предсказания коэффициентов усиления каждого канала для различных наборов входных мощностей каналов на основании результатов наблюдений изменений в эталонном канале.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Обычно используются следующие наборы входных мощностей каналов: (1) все уровни мощностей выставляются равными максимально допустимому значению и (2) все мощности выставляются равными минимально допустимому значению.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Эталонный канал должен быть определен в технических требованиях соответствующего изделия. По определению наклон многоканального коэффициента усиления эталонного канала равен 1 дБ/дБ.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Использование наклона многоканального коэффициента усиления для вычисления коэффициента усиления канала при различных условиях может привести к неточным результатам для гибридных многокаскадных усилителей, в случае неоднородной усиливающей среды и, в частности, для усилителей с автоматической регулировкой усиления.

5.1.55 Отклик коэффициента усиления в установившемся режиме при добавлении/удалении канала (для многоканальной работы): изменение коэффициента усиления канала для любого из каналов при установившемся режиме вследствие добавления/удаления одного или более каналов, выраженное в дБ, при определенной многоканальной конфигурации.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Обычно определяемый параметр представляет собой максимальное значение отклика коэффициента усиления при добавлении/удалении каналов, при условии, что конечный или начальный уровень мощности каждого из входных каналов равен минимально допустимому. Однако в спецификации соответствующего изделия могут указываться иные конечные или начальные уровни мощности.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Обычно предполагается, что наихудший отклик коэффициента усиления при добавлении/удалении канала имеет место в ситуации, когда добавляются или удаляются все каналы, кроме одного.

5.1.56 Характеристика переходного коэффициента усиления при добавлении/удалении канала (для многоканальной работы): максимальное изменение коэффициента усиления канала для любого из каналов вследствие добавления одного или более каналов в течение переходного периода, возникающего после добавления/удаления канала, выраженное в дБ, при определенной многоканальной конфигурации.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Обычно определяемый параметр представляет собой максимальное значение характеристики переходного коэффициента усиления при добавлении/удалении канала, если конечный или начальный уровень мощности каждого из входных каналов равен минимально допустимому. Однако в спецификации соответствующего изделия могут указываться иные конечные или начальные уровни мощности.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Обычно предполагается, что наихудшая характеристика переходного коэффициента усиления при добавлении/удалении канала имеет место в ситуации, когда добавляются или удаляются все каналы, кроме одного.

5.1.57 Постоянная времени характеристики переходного режима при добавлении/удалении канала (для многоканальной работы): период времени от момента добавления/удаления канала до момента времени, при котором выходной уровень мощности добавленного или иного канала достигает и остается в пределах $\pm N$ дБ от значения уровня мощности в установившемся режиме.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Значение N должно быть определено в спецификации соответствующего изделия.

5.1.58 Коэффициент шума канала (для многоканальной работы): коэффициент шума каждого канала в определенной оптической ширине полосы, выраженный в дБ, при определенной многоканальной конфигурации.

5.1.59 Коэффициент сигнал-спонтанного шума канала (для многоканальной работы): коэффициент сигнал-спонтанного шума для каждого канала, выраженный в дБ, при определенной многоканальной конфигурации.

5.1.60 Распределение каналов (для многоканальной работы): распределение каналов задается числом каналов, номинальными центральными частотами/длинами волн каналов и допустимыми отклонениями их центральных частот/длин волн.

5.1.61 Оптическая безопасность: меры предосторожности или согласованные стандарты безопасности, которые должны соблюдать установщики, операторы и производители для обеспечения безопасности при работе с ОУ. Если иное не оговорено, должны использоваться стандарты IEC 60825-1 и IEC 60825-2. Дополнительные инструкции можно найти в Рекомендации МСЭ-Т G.664 "Процедуры и требования к обеспечению оптической безопасности оптических транспортных систем" и стандарте IEC/TR 61292-4, *Оптические усилители – Часть 4: Максимально допустимая мощность оптического излучения для безаварийного и безопасного использования оптических усилителей, включая рамановские усилители.*

5.2 Параметры подсистем на базе ОУ

Определения, содержащиеся в настоящем пункте, касаются соответствующих параметров элементарных подсистем на базе ОУ, таких как передатчики с оптическим усилением (OAT) и приемники с оптическим усилением (OAR).

5.2.1 Типичная подсистема на базе ОУ

5.2.1.1 Длина волны сигнала: длина волны оптической несущей сигнала.

5.2.1.2 Ширина линии излучения сигнала: Полная ширина на половине высоты (FWHM) оптического спектра сигнала.

5.2.2 Подсистема передатчика с оптическим усилением (OAT)

5.2.2.1 Мощность сигнала после выходного соединителя: мощность оптического излучения, связанная с сигналом, исходящим с оптического выходного порта OAT.

5.2.2.2 Рабочий диапазон длин волн сигнала: диапазон длин волн, в котором мощность выходного сигнала OAT сохраняется в пределах определенного диапазона выходных мощностей.

5.2.2.3 Уровень мощности ASE: мощность оптического излучения, связанная с ASE (усиленное спонтанное излучение), исходящим с оптического выходного порта OAT, при номинальных условиях эксплуатации.

5.2.2.4 Коэффициент отражения по выходу: часть мощности падающего оптического излучения на рабочей длине волны, отраженная OAT от оптического выходного порта, выраженная в дБ, при номинальных условиях эксплуатации.

5.2.2.5 Максимальная возвращенная мощность оптического излучения: максимальная мощность оптического излучения, которая может попасть на выходной порт OAT и при которой OAT все еще соответствует своим техническим характеристикам.

5.2.2.6 Просачивание излучения накачки на выход: мощность оптического излучения накачки, излучаемая выходным портом OAT, при номинальных условиях эксплуатации.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Измерения проводятся при заданной мощности оптического излучения сигнала.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Максимальное просачивание излучения накачки на выход может происходить при отсутствии сигнала.

5.2.2.7 Оптические соединители: соединитель и/или волокно определенного типа, используемые в качестве входных и/или выходных портов OAT.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Оптические, механические, а также относящиеся к окружающей среде характеристики и показатели оптических соединителей и соединительных кабелей должны соответствовать стандартам IEC 60874-1 и IEC 60793-2, соответственно.

5.2.3 Подсистема приемника с оптическим усилением (OAR)

5.2.3.1 Чувствительность: минимальная мощность оптического излучения, связанная с входным сигналом, непосредственно перед входным соединителем, необходимая для достижения некоторого фиксированного значения КОБ (например, 10^{-12}).

ПРИМЕЧАНИЕ. – Могут применяться, а также рассматриваются и другие определения для этого параметра.

5.2.3.2 Рабочий диапазон длин волн сигнала: диапазон длин волн, в пределах которого OAR имеет определенную чувствительность и входную мощность перегрузки при определенном значении КОБ (например, 10^{-12}) и определенной скорости передачи.

5.2.3.3 Перестраиваемый диапазон длин волн (только для OAR с перестраиваемым(и) оптическим(и) фильтром(ами)): диапазон длин волн (в пределах рабочего диапазона длин волн сигнала), в котором может (могут) перестраиваться установленный(ые) в OAR перестраиваемый(ые) оптический(ие) фильтр(ы).

5.2.3.4 Уровень мощности ASE: мощность оптического излучения, связанная с ASE, исходящим с входного оптического порта OAR, при номинальных условиях эксплуатации.

5.2.3.5 Коэффициент отражения по входу: часть мощности падающего оптического излучения на рабочей длине волны, отраженная OAR от оптического входного порта, выраженная в дБ, при номинальных условиях эксплуатации.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Измерения проводятся при заданной мощности оптического излучения входного сигнала.

5.2.3.6 Полоса пропускания фильтра ASE: длина волны, при которой фильтр ASE обеспечивает FWHM.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Полоса пропускания фильтра ASE определяет максимальную ширину линии излучения входного сигнала.

5.2.3.7 Максимальная входная мощность оптического излучения: максимальная мощность оптического излучения, которая может подаваться на входной порт OAR, при которой OAR все еще соответствует своим техническим характеристикам.

5.2.3.8 Просачивание излучения накачки на вход: мощность оптического излучения накачки, излучаемая входным портом OAR, при номинальных условиях эксплуатации.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Измерения проводятся при заданной входной мощности оптического излучения сигнала.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Максимальное просачивание излучения накачки на вход может происходить при отсутствии входного сигнала.

5.2.3.9 Оптические соединители: соединитель и/или волокно определенного типа, используемые в качестве входных портов OAR.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Оптические, механические, а также относящиеся к окружающей среде характеристики и показатели оптических соединителей и соединительных кабелей должны соответствовать стандартам IEC 60874-1 и IEC 60793-2, соответственно.

5.2.3.10 Оптическая безопасность: меры предосторожности или согласованные стандарты безопасности, которые должны соблюдать установщики, операторы и производители для обеспечения безопасности при работе с подсистемами на базе ОУ. Если иное не оговорено, должны использоваться документы IEC 60825-1 и IEC 60825-2. Дополнительные инструкции можно найти в Рекомендации МСЭ-Т G.664 "Процедуры и требования к обеспечению оптической безопасности оптических транспортных систем" и стандарте IEC/TR 61292-4, *Оптические усилители – Часть 4: Максимально допустимая мощность оптического излучения для безаварийного и безопасного использования оптических усилителей, включая рамановские усилители.*

6 Методы испытаний

В соответствии с соглашением с IEC-SC86C-WG 3 в стандарте IEC 61290 "Базовые технические требования методов испытаний OFA" (Все разделы) приводится руководство, применяемое при измерении большинства описанных в п. 5 параметров. Каждый метод испытаний обычно приводится для измерения группы соответствующих параметров. Группировка соответствующих параметров

приводится в таблице 1, вместе с относящимися к ним ссылками на технические требования методов испытаний. В таблице 1 также приведены методы испытаний для каждой группы параметров, описанные в последнее время в стандартах МЭК серии 61290.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Методы испытаний, содержащиеся в указанных документах МЭК, соответствуют определениям параметров МЭК, согласно которым потери в соединителях трактуются иначе, нежели в определениях, содержащихся в настоящей Рекомендации. Более полное обсуждение этого вопроса можно найти в Дополнении III к Рекомендации МСЭ-Т G.665.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Сравнительная оценка методов испытаний, приведенная в Общих технических требованиях МЭК, в настоящее время находится в стадии разработки. Когда это станет возможным, будут указаны избранные эталонные методы испытаний и возможные альтернативные методы испытаний для каждого параметра, определенного в настоящей Рекомендации.

Таблица 1/G.661 – Рекомендуемые методы испытаний для параметров, определенных в пункте 5

Группа измеряемых параметров	Номер метода испытаний из технических требований	Методы испытаний (МИ)
Параметры, связанные с усилением	IEC 61290-1	IEC 61290-1-1: Оптический анализатор спектра (OSA), МИ IEC 61290-1-2: Электрический анализатор спектра, МИ IEC 61290-1-3: Оптический измеритель мощности, МИ IEC 61290-10-1: Многоканальный импульсный метод с использованием оптического коммутатора и OSA, МИ IEC 61290-10-2: Многоканальный импульсный метод с использованием стробируемого OSA, МИ IEC 61290-10-3: Многоканальные методы с использованием тестовых сигналов, МИ
Параметры, связанные с мощностью оптического излучения	IEC 61290-1	IEC 61290-1-1: Оптический анализатор спектра (OSA), МИ IEC 61290-1-2: Электрический анализатор спектра, МИ IEC 61290-1-3: Оптический измеритель мощности, МИ IEC 61290-10-1: Многоканальный импульсный метод с использованием оптического коммутатора и OSA, МИ IEC 61290-10-2: Многоканальный импульсный метод с использованием стробируемого OSA, МИ IEC 61290-10-3: Многоканальные методы с использованием тестовых сигналов, МИ
Шумовые параметры	61290-3: Методы испытаний для параметров коэффициента шума	IEC 61290-3-1: Оптический анализатор спектра (OSA), МИ IEC 61290-3-2: Электрический анализатор спектра, МИ IEC 61290-10-1: Многоканальный импульсный метод с использованием оптического коммутатора и OSA, МИ IEC 61290-10-2: Многоканальный импульсный метод с использованием стробируемого OSA, МИ IEC 61290-10-3: Многоканальные методы с использованием тестовых сигналов, МИ
Дисперсия мод поляризации	IEC 61290-11	IEC 61290-11-1: Метод анализа на основе матриц Джонса, МИ IEC 61290-11-2: Метод анализа сфер Пуанкаре, МИ
Параметры, связанные с отражением	IEC 61290-5	IEC 61290-5-1: Оптический анализатор спектра, МИ IEC 61290-5-2: Электрический анализатор спектра, МИ IEC 61290-5-3: Испытание на допуск по отражению, электрический анализатор спектра, МИ
Параметры, связанные с просачиванием излучения накачки	IEC 61290-6	IEC 61290-6-1: Оптический демультиплексор, МИ
Параметры, связанные с вносимыми потерями	IEC 61290-7	IEC 61290-7-1: Измеритель мощности фильтрации, МИ
Параметры подсистем на базе ОУ	IEC 61290-9	В стадии разработки

Дополнение I

Основные различия между волоконно-оптическими усилителями и полупроводниковыми оптическими усилителями

В настоящем дополнении рассматриваются ключевые различия между волоконно-оптическими усилителями и полупроводниковыми усилителями. Широкие классы оптических усилителей, включая полупроводниковые усилители, волоконно-оптические усилители, в которых используются различные виды легирующих добавок на основе редкоземельных элементов, и другие виды усилителей более подробно рассматриваются в стандарте IEC/TR 61292-3, *Оптические усилители – Часть 3: Классификация, характеристики и применение*. Дополнительную информацию о распределенных рамановских оптических усилителях можно найти в Рекомендации МСЭ-Т G.665 "Типовые характеристики рамановских усилителей и рамановских усилительных подсистем".

I.1 Общие замечания

Физический механизм, обеспечивающий усиление в полупроводниковых оптических усилителях (ПОУ) отличается с различных сторон от физического механизма волоконно-оптических усилителей. Как правило, ПОУ – это полупроводниковые лазеры без оптической резонансной обратной связи (элементы кристалла имеют неотражающее покрытие) и, таким образом под действием электрического тока создается инверсная заселенность в активной среде. Вынужденная эмиссия фотонов стимулируется путем рекомбинации электронно-дырочных пар, вызванной сигнальными фотонами (на длинах волн, входящих в полосу усиления полупроводникового материала). Усиление полупроводникового материала на единицу длины намного больше, чем у активных волокон, легированных редкоземельными элементами (REDF), что объясняется очень малыми длинами таких устройств: 0,5 мм вместо нескольких десятков метров для REDF. Это свойство, совместно с использованием прямой накачки посредством тока смещения, делает ПОУ очень простыми и компактными по сравнению с ВОУ, которым требуются длинные активные волокна, лазерные источники для активной накачки и различные волоконно-оптические компоненты.

Кроме того, ПОУ являются более гибкими в плане рабочих длин волн и, в зависимости от состава полупроводникового материала, могут использоваться во втором (длина волны 1310 нм) или третьем (длина волны 1550 нм) окне прозрачности, в то время как в настоящее время высококачественные ВОУ обычно работают на длинах волн порядка 1550 нм.

Другое важное отличие состоит в том, что временная динамика коэффициента усиления у ПОУ намного быстрее, чем у ВОУ. Характерное время нарастания, необходимое для полного установления коэффициента усиления, обычно составляет 200 пс в ПОУ против 0,5–10 мс в ВОУ. Следовательно, ПОУ не свободны от влияния перекрестного насыщения и насыщения, вызванного искажением формы волны, как ВОУ.

Быстрая временная динамика также подразумевает, что ПОУ являются в значительной степени нелинейными при работе в режиме насыщения, в отличие от ВОУ, которые ведут себя линейно почти при всех условиях эксплуатации, представляющих интерес для оптической электросвязи. Эта особенность ПОУ, которая может быть недостатком при их использовании в качестве линейных усилителей в системах WDM, может стать преимуществом при реализации некоторых важных функциональных особенностей систем, таких как преобразование длины волны, оптическая коммутация и демультиплексирование.

И, наконец, геометрия активного слоя ПОУ не соответствует геометрии оптических волокон, порождая очень высокие потери при сопряжении с волокнами линии, и, вследствие прямоугольной симметрии, может привести к заметной зависимости усиления от поляризации.

Эти структурные различия между ПОУ и ВОУ отражаются на характеристиках устройств. Целью настоящего дополнения является сравнение характеристик двух типов оптических усилителей. Перечень основных оптических параметров, подлежащих сравнению для описания и сравнения оптических характеристик ПОУ и EDFA, дан в п. I.2. Далее приводятся некоторые данные относительно значений, которые могут быть связаны с упомянутыми параметрами ПОУ, в сравнении с соответствующими значениями для ВОУ. Значения, приведенные для ВОУ, являются типичными для EDFA.

Фактически, EDFA представляют наиболее развитую технологию ВОУ; технология EDFA очень хорошо закрепилась; усилители EDFA присутствуют на рынке в течение нескольких лет и изготавливаются различными производителями во всем мире. С другой стороны, ПОУ все еще находятся в стадии научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. В настоящее время их изготавливают лишь несколько производителей и выпуск очень низкий. Несмотря на то, что технология ПОУ основана на получившей признание полупроводниковой лазерной технологии, некоторые важные проблемы, связанные с упаковкой, подключением, противоотражающим покрытием и чувствительностью к поляризации, не нашли пока удовлетворительных решений для массового производства.

Кроме того, полевые испытания ПОУ начались недавно, и на сегодня имеется только ограниченный опыт использования ПОУ [В.1].

В этом дополнении учитываются только характеристики усиления ПОУ, поскольку их возможное использование для реализации других функциональных возможностей находится вне сферы применения настоящего дополнения.

I.2 Сравнение оптических рабочих характеристик ПОУ и ВОУ

Значения параметров ПОУ, приведенные ниже, являются только иллюстративными и отражают существующие реалии в технологии ПОУ; они могут быть изменены, поскольку технология ПОУ развивается.

– Коэффициент усиления слабого сигнала

На коэффициент усиления слабого сигнала ПОУ влияет затухание за счет соединений в волоконных усилителях (незначительные в случае EDFA). Типичные значения составляют около 30 дБ для лабораторных образцов, не включая затухание за счет соединения, и 10–15 дБ – между волокнами в промышленных образцах. Для EDFA, коэффициент усиления слабого сигнала обычно больше 30 дБ.

– Диапазон длин волн

Ширина диапазона длин волн для усилителей ПОУ обычно 40 нм или больше, в сравнении с 35 нм для EDFA. ПОУ могут использоваться во втором (длина волны 1310 нм) или третьем (длина волны 1550 нм) окне прозрачности, в зависимости от состава полупроводникового материала. Недавние эксперименты на усилителях ПОУ с множественными квантовыми ямами показали возможность достижения диапазона длин волн шириной 120 нм.

– Изменение коэффициента усиления слабого сигнала на длине волны

Использование очень хороших противоотражающих покрытий в элементах кристалла позволило снизить в промышленных ПОУ полный размах колебаний коэффициента усиления слабого сигнала на длине волны до менее чем 1 дБ по всей ширине диапазона длин волн.

– Выходная мощность насыщения

Выходная мощность насыщения может достигать +15 дБм для лабораторных образцов ПОУ (при передаче волокно-волокно). Полученные значения этого параметра становятся сравнимыми с промышленными образцами EDFA (+17/+20 дБм и более).

– Коэффициент шума (КСШ)

На коэффициент шума ПОУ воздействуют довольно высокое затухание за счет соединения с волокнами. В лабораторных образцах ПОУ, были получены значения около 5–6 дБ, в то время как для промышленных образцов с волоконными выводами типовыми являются значения от 7 до 9 дБ. Типовые значения для промышленных EDFA составляют 5–6 дБ для EDFA с длиной волны излучения накачки 980 нм, и 6–7 дБ – для EDFA с длиной волны излучения накачки 1480 нм.

– Усиление, зависящее от поляризации (PDG)

В лабораторных образцах ПОУ значение PDG было уменьшено до незначительных величин (0,2 дБ). В промышленных образцах ПОУ, типовые значения составляют 2–5 дБ. В EDFA величина PDG незначительна (0,2 дБ).

- *Перекрестные помехи вследствие динамики усиления*
Находятся в стадии изучения.

I.3 Применения

На нынешнем этапе развития технологии ПОУ, наиболее подходящими применениями ПОУ как блоков усиления в оптических системах "из пункта в пункт", представляется их использование в качестве бустерных усилителей, интегрированных с излучающим лазером, даже если имеются некоторые ограничения на выходную мощность.

Проблемы, связанные с применением в качестве линейных усилителей или предусилителей (например, чувствительность к поляризации и относительно высокий коэффициент шума), могут быть решены (например, путем использования ПОУ с фиксированным усилением [B.2]). Недавно ПОУ были успешно использованы в полевых испытаниях в качестве линейных усилителей на скорости 10 Гбит/с [B.3]. В этом эксперименте по передаче сигнала оптическая система работала на длине волны 1310 нм: спектральное окно, для которого пока не разработаны высококачественные ВОУ.

Кроме того, ПОУ имеют большой потенциал в качестве функциональных устройств в оптических коммутаторах, одновременно выполняя функции усиления и быстрого пропускания, и в других устройствах обработки сигналов (преобразователях длины волны, оптических мультиплексорах и демultipлексорах), вследствие сильно нелинейной характеристики в режиме насыщения. Они могут также быть интегрированы в матрицы оптических коммутаторов для компенсации внутренних потерь в самой матрице.

Дополнение II

Параметры окружающей среды, механические, физические параметры, а также параметры надежности устройств и подсистем на базе оптических усилителей

Дополнительные термины, относящихся к условиям окружающей среды, механическим, физическим параметрам, а также параметрам надежности устройств и подсистем на базе оптических усилителей приводятся для информации. Эти термины являются нормативными терминами стандарта IEC 61291-1, издание 2.0.

II.1 Параметры устройств на базе ОУ

II.1.1 Габариты и вес

Максимальная высота, длина, ширина и вес ОУ.

II.1.2 Условия окружающей среды

Диапазон температур, влажность, уровень вибрации, при которых ОУ может храниться, эксплуатироваться или перевозиться и при которых он все еще соответствует всем определенным значениям параметров.

II.1.3 Максимальная рабочая относительная влажность

Максимальная относительная влажность, при которой ОУ может эксплуатироваться и при которой он все еще соответствует всем определенным значениям параметров.

II.1.4 Максимальный рабочий уровень вибрации

Максимальный уровень вибрации, при котором ОУ может эксплуатироваться и при котором он все еще соответствует всем определенным значениям параметров.

II.1.5 Температура хранения

Диапазон температур, в котором ОУ может храниться и при котором он все еще соответствует всем определенным значениям параметров.

II.1.6 Максимальная относительная влажность хранения

Максимальная относительная влажность, при которой ОУ может храниться и при которой он все еще соответствует всем определенным значениям параметров.

II.1.7 Максимальный уровень вибрации/ударной нагрузки при транспортировке

Максимальный уровень вибрации и ударной нагрузки, при котором ОУ может транспортироваться, и при котором он все еще соответствует всем определенным значениям параметров.

II.1.8 Надежность

Ожидаемая эксплуатационная наработка. Надежность ОУ выражается одним из следующих двух параметров: средним временем между отказами (MTBF) или единицей интенсивности отказов (FIT). MTBF – это средний период непрерывной работы ОУ без единого отказа при определенных условиях эксплуатации и окружающей среды. FIT – это число отказов за 10^9 часов при определенных условиях эксплуатации и окружающей среды.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Вопросы проверки на надежность рассматриваются в стандарте IEC 61291-5-2.

II.1.9 Местное и дистанционное аварийное управление

Функции, которые могут проверять работу подсистем на базе ОУ, обнаруживая возможные неисправности и оповещая о них.

II.2 Параметры подсистем на базе ОУ

Определения, содержащиеся в настоящем пункте, касаются соответствующих параметров окружающей среды, механических, физических параметров, а также параметров надежности общих подсистем на базе ОУ, а именно передатчиков с оптическим усилением (OAT) и приемников с оптическим усилением (OAR).

II.2.1 Требования по электропитанию и управлению

Электрические токи и/или напряжения, а также электрические сигналы, необходимые для работы подсистем на базе ОУ при заданных максимальных значениях параметров. Также включаются допустимые отклонения по электропитанию и процедуры включения и выключения.

II.2.2 Максимальная потребляемая мощность

Электроэнергия, необходимая для обеспечения работы подсистемы на базе ОУ при заданных максимальных значениях параметров.

II.2.3 Рабочая температура

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

II.2.4 Максимальная рабочая относительная влажность

Максимальная относительная влажность, при которой подсистема на базе ОУ может работать и при которой она все еще соответствует всем определенным значениям параметров.

II.2.5 Максимальный рабочий уровень вибрации

Максимальный уровень вибрации, при котором подсистема на базе ОУ может работать и при котором она все еще соответствует всем определенным значениям параметров.

II.2.6 Температура хранения

Диапазон температур, в котором подсистема на базе ОУ может храниться и при котором она все еще соответствует всем определенным значениям параметров.

II.2.7 Максимальная относительная влажность хранения

Максимальная относительная влажность, при которой подсистема на базе ОУ может храниться и при которой она все еще соответствует всем определенным значениям параметров.

II.2.8 Максимальный уровень вибрации/ударной нагрузки при транспортировке

Максимальный уровень вибрации и ударной нагрузки, который подсистема на базе ОУ может выдержать при транспортировке и при котором она все еще соответствует всем определенным значениям параметров.

II.2.9 Надежность

Ожидаемая эксплуатационная наработка. Надежность подсистемы на базе ОУ выражается одним из следующих двух параметров: средним временем между отказами (MTBF) или единицей интенсивности отказов (FIT). MTBF – это средний период непрерывной работы ОУ без единого отказа при определенных условиях эксплуатации и окружающей среды. FIT – это число отказов за 10^9 часов при определенных условиях эксплуатации и окружающей среды.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Вопросы проверки на надежность рассматриваются в стандарте IEC 61291-5-2.

II.2.10 Местное и дистанционное аварийное управление

Функции, которые могут проверять работу подсистем на базе ОУ, обнаруживая возможные неисправности и оповещая о них.

II.3 Методы испытаний на воздействие окружающей среды и на надежность

Методы испытаний для определенных в настоящем дополнении параметров, описанные в последнее время в стандарте МЭК серии 61290, приведены в таблице II.1.

Таблица II.1/G.661 – Рекомендуемые методы испытаний для параметров, определенных в Дополнении II

Группа измеряемых параметров	Номер метода испытаний из технических требований	Методы испытаний (МИ)
Параметры окружающей среды и надежности	IEC 61291-5-2: Проверка на надежность	Находятся на рассмотрении

БИБЛИОГРАФИЯ

- [B.1] REID (J.J.) *et al.*: Proceedings of the 11th International Conference on Integrated Optics and Optical Fibre Communications (IOOC) and of the 23rd European Conference on Optical Communications (ECOC), Vol. 1, page 83, Edinburgh, (UK), 22-25 September 1997.
- [B.2] VAN DEN HOVEN (G.N.), TIEMEIJER, (L.F.): Technical Digest of Optical Amplifiers and their Applications (OAA), Invited Paper TuC1, Victoria (BC, Canada), 21-23 July 1997.
- [B.3] KUINDERSMA (P.I.) *et al.*: Proceedings of the 11th International Conference on Integrated Optics and Optical Fibre Communications (IOOC) and of the 23rd European Conference on Optical Communications (ECOC), Vol. 1, page 79, Edinburgh (UK), 22-25 September 1997.

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия D	Общие принципы тарификации
Серия E	Общая эксплуатация сети, телефонная служба, функционирование служб и человеческие факторы
Серия F	Нетелефонные службы электросвязи
Серия G	Системы и среда передачи, цифровые системы и сети
Серия H	Аудиовизуальные и мультимедийные системы
Серия I	Цифровая сеть с интеграцией служб
Серия J	Кабельные сети и передача сигналов телевизионных и звуковых программ и других мультимедийных сигналов
Серия K	Защита от помех
Серия L	Конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейно-кабельных сооружений
Серия M	Управление электросвязью, включая СУЭ и техническое обслуживание сетей
Серия N	Техническое обслуживание: международные каналы передачи звуковых и телевизионных программ
Серия O	Требования к измерительной аппаратуре
Серия P	Качество телефонной передачи, телефонные установки, сети местных линий
Серия Q	Коммутация и сигнализация
Серия R	Телеграфная передача
Серия S	Оконечное оборудование для телеграфных служб
Серия T	Оконечное оборудование для телематических служб
Серия U	Телеграфная коммутация
Серия V	Передача данных по телефонной сети
Серия X	Сети передачи данных, взаимосвязь открытых систем и безопасность
Серия Y	Глобальная информационная инфраструктура, аспекты межсетевых протоколов и сети последующих поколений
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи